

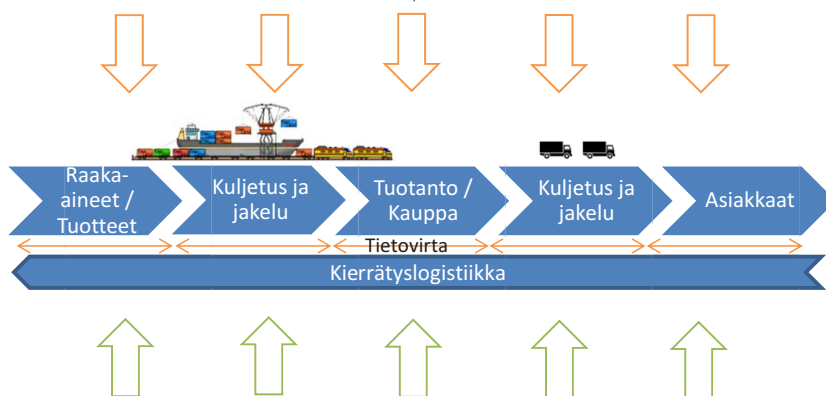
Tuomo Pöyskö
Eira Hurskainen
Tuomo Lapp
Harri Vaarala

Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa

Kehitysnäkymiä Suomessa ja maailmalla

Digitalisaatio ja automaatio

- Internet of Things (IoT): sensoriverkot, tulevaisuuden tietoverkot
 - Big data
- Uudet jakelu- ja tilauskanavat
- Älykkäät koneet, laitteet ja ajoneuvot; kehittyvä tuotantoautomaatio ja uudet teknologiat



Megatrendit

- Ilmaston muutos ja luonnonvarojen niukkuus
- Globalisaatio
 - Jakamistalous
 - Ikääntyminen ja eliniän kasvu
- Kaupungistuminen
 - Palveluvaltaistuminen

Tuomo Pöyskö, Eira Hurskainen,
Tuomo Lapp, Harri Vaarala

Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa

Kehitysnäkymiä Suomessa ja maailmalla

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2016

Liikennevirasto
Helsinki 2016

Kannen kuva: Logistiikan viitekehys

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-307-1

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Pöyskö Tuomo, Hurskainen Eira, Lapp Tuomo ja Vaarala Harri: Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa, kehitysnäkymiä Suomessa ja maailmalla. Liikennevirasto, liikenne ja maankäyttö -osasto. Helsinki 2016. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2016. 49 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-307-1.

Avainsanat: automaatio, digitalisaatio, logistiikka, kuljetus

Tiivistelmä

Automaation ja digitalisaation nopea eteneminen voivat merkitä jo lähitulevaisuudessa isoja muutoksia logistiikkaan ja kuljetusjärjestelmään. Tämä selvitys toteutettiin muutosten tunnistamiseksi ja ennakoimiseksi liikennejärjestelmän kehittämiseksi. Tavoitteena oli hahmottaa kokonaiskuvaa logistiikan digitalisaatiosta Suomessa ja maailmalla sekä tunnistaa merkittävimpiä käynnissä olevia muutostrendejä ja näiden vaikutuksia logistiikan eri osa-alueille.

Työssä toteutettiin kansainvälisen kirjallisuus- ja aineistoanalyysin kautta kartoitus logistiikkaan vaikuttavista uusista teknologisista innovaatioista. Aineistoanalyysin kautta tunnistettiin digitalisaatiota kuljetuslogistiikassa hyödyntäviä sovelluksia, teknologioita ja palveluita sekä näiden kehitysnäkymiä. Lisäksi tunnistettiin kehitystrendejä, jotka vaikuttavat todennäköisesti merkittävästi jonkin palveluosa-alueen tai kokonaisuuden kehittymiseen. Erityisesti kartoitettiin muualla käyttöön jo otettuja konkreettisia palveluita tai teknologioita.

Digitalisaation eteneminen avaa logistiikan kehittämiseen ja tehostamiseen suuria mahdollisuuksia. Suomi voi tulevaisuudessa saavuttaa huomattavia taloudellisia hyötyjä logistiikassa digitalisaation ja automaation käyttöönoton kautta. Uusien tuotteiden ja palveluiden kehittäminen voi synnyttää merkittävästi uutta liiketoimintaa logistiikan palveluihin sekä teknologiaratkaisuja toimittaviin yrityksiin. Liikennejärjestelmän näkökulmasta erityisesti autonomisten kuljetusvälineiden yleistyminen tulee muuttamaan merkittävästi kuljetusjärjestelmää. Kaikki liikennemuodot ja kuljettaminen ovat vaiheittain automatisoitumassa, mutta aikataulu on vielä epävarma. Myös logistiikan solmukohdissa automaation käyttö yleistyy aikaisempaa pienemmissä terminaaleissa ja varastoissa teknologian kustannustason laskiessa.

Pöyskö Tuomo, Hurskainen Eira, Lapp Tuomo och Vaarala Harri: Automation och digitalisering i logistiken – Utvecklingsutsikter i Finland och globalt. Trafikverket, trafik och markanvändning. Helsingfors 2016. Trafikverkets undersökningar och utredningar 41/2016. 49 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-307-1.

Sammanfattning

Automationen och digitaliseringen framskrider snabbt, och detta kan vara ett tecken på att till och med stora förändringar kommer att ske inom logistiken och transportsystemet i den närmaste framtiden. Denna utredning genomfördes för att identifiera och förutspå förändringarna i utvecklingen av trafiksystemet. Syftet var att skapa en helhetsbild av digitaliseringen inom logistiken i Finland och globalt samt identifiera de väsentligaste pågående förändringstrenderna och konsekvenserna av dessa inom de olika logistiksektorerna.

Med stöd av en internationell litteratur- och materialanalys gjorde man i arbetet en kartläggning av nya tekniska innovationer som påverkar logistiken. Med hjälp av materialanalysen identifierades tillämpningar, teknik och tjänster som utnyttjar digitaliseringen i transportlogistiken samt utvecklingsutsikterna för dessa. Dessutom identifierades utvecklingstrender som sannolikt påverkar utvecklingen av en viss tjänstedel eller -helhet i väsentlig utsträckning. Kartläggningen gällde i synnerhet konkreta tjänster och teknikformer som redan tagits i användning på andra ställen.

Digitaliseringens framskridande skapar stora möjligheter inom utvecklingen och effektiviseringen av logistiken. Genom digitaliseringen och automationen kan Finland i framtiden uppnå betydande ekonomiska fördelar inom logistiken. Utvecklingen av nya produkter och tjänster kan i betydande utsträckning skapa ny affärsverksamhet inom logistiktjänsterna samt bland företag som levererar tekniska lösningar. Med tanke på trafiksystemet kommer väsentliga förändringar att ske i transportsystemet i synnerhet då de autonoma transportmedlen blir vanligare. Alla trafikformer och transporten kommer att automatiseras stegvis, men tidsplanen är tills vidare oklar. Även i knutpunkterna inom logistiken blir automatiseringen vanligare i mindre terminaler och lager än tidigare då kostnadsnivån på tekniken blir lägre.

Pöyskö Tuomo, Hurskainen Eira, Lapp Tuomo and Vaarala Harri: Automation and digitalisation in logistics – Development perspectives in Finland and around the world. Finnish Transport Agency, Transport and Land Use. Helsinki 2016. Research reports of the Finnish Transport Agency 41/2016. 49 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-307-1.

Summary

The rapid progress of automation and digitalisation may signify substantial changes in logistics and the transportation system in the near future. This report was prepared in order to identify and anticipate such changes in the development of the traffic system. The goal was to obtain an overall picture of the digitalisation of logistics in Finland and around the world, and to identify the most significant ongoing trends of change and their impact on the various sections of logistics.

The report involved charting new technological innovations affecting logistics by means of an analysis of international literature and other materials. Through material analysis the authors identified applications, technologies and services that utilise digitalisation in transportation logistics and the development perspectives in them. They also identified development trends that will probably have a significant effect on the development of some service section or entity. In particular, they mapped concrete services or technologies that have already been adopted elsewhere.

The progress of digitalisation opens up great opportunities for the development and enhancement of logistics. In future, Finland may reap considerable financial benefits in logistics through the adoption of digitalisation and automation. The development of new products and services may generate a significant amount of new business for companies that supply logistics services and technology solutions. From the perspective of the traffic system, the increasing popularity of autonomous means of transport, in particular, will entail major changes in the transportation system. Transportation and all forms of transport and transportation are gradually becoming automatic, but the timetable remains uncertain. The use of automation in the nodes of logistics is also becoming more prevalent in smaller terminals and warehouses, as the level of technology costs is falling.

Esipuhe

Digitalisaatio ja uudet digitaaliset palvelut ovat muuttamassa toimialojen liiketoiminnan malleja, palveluja, toimitusketjuja sekä edelleen kuljetuksia. Liikenneviranomaisen näkökulmasta on tarve tunnistaa ja ennakoida logistiikan muutosten mahdollisia vaikutuksia sekä näistä kuljetusjärjestelmään kohdistuvia kehittämistarpeita ja mahdollisuuksia.

Toteutetun selvityksen tavoitteena on ollut kartoittaa automaation ja digitalisaation kehitysnäkymiä ja vaikutuksia logistiikkaan liikenneviranomaisten näkökulmasta. Työtä ovat ohjanneet Liikennevirastossa Jarmo Joutsensaari, Hannu Kuikka, Taneli Antikainen, Timo Välke ja Anu Kruth. Työn toteutuksesta ovat vastanneet Tuomo Pöyskö, Eira Hurskainen, Harri Vaarala ja Tuomo Lapp Ramboll Finland Oy:stä.

Helsingissä, elokuussa 2016

Liikennevirasto

Liikenne ja maankäyttö -osasto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
1.1	Tutkimuksen tavoitteet ja tausta.....	8
1.2	Työmenetelmät.....	8
1.3	Viitekehys.....	9
2	KESKEISIÄ KÄSITTEITÄ.....	11
2.1	Digitalisaatio.....	11
2.1.1	Esineiden internet, IoT.....	11
2.1.2	Tietoverkot	12
2.1.3	Sensoriverkot.....	14
2.1.4	Big data, suuret tietomäärät	14
2.2	Automaatio	14
2.2.1	Robottiikka.....	14
2.2.2	Autonomiset ajoneuvot.....	15
2.2.3	Uudet tuotantoteknologiat.....	16
3	NÄKYMIÄ KÄYNNISSÄ OLEVASTA KEHITYKSESTÄ	18
3.1	Automaatio ja robotiikka kuljetuksissa.....	18
3.1.1	Tiekuljetukset	18
3.1.2	Rautatiekuljetukset.....	22
3.1.3	Vesitiekuljetukset.....	24
3.1.4	Uudet kuljetusmuodot.....	25
3.2	Jakelukuljetukset (last mile)	26
3.3	Logistiikan solmukohdat.....	33
3.4	Uudet digitaaliset palvelut	34
3.4.1	Logistiikan ohjaus.....	34
3.4.2	Digitaaliset tilaus- ja markkinakanavat.....	36
3.4.3	Jakamistalous ja resurssien yhteiskäyttöisyys.....	37
3.5	Digitalisaation vaikutukset logistiikkaan	39
3.5.1	Tulevaisuuden visiot.....	39
3.5.2	Vaikutukset eri osa-alueilla.....	41
4	JOHTOPÄÄTELMÄT	44
	LÄHTEET	46

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tausta

Automaation ja digitalisaation eteneminen eri toimialoilla voi merkitä jo lähitulevaisuudessa suuria muutoksia logistiikkaan ja kuljetusjärjestelmään. Tämä selvitys toteutettiin muutosten tunnistamiseksi ja ennakoimiseksi liikennejärjestelmän kehittämisessä. Selvitystyön tavoitteina oli:

- hahmottaa kokonais kuvaa logistiikan digitalisaatiosta Suomessa ja maailmalla;
- tunnistaa merkittävimpiä käynnissä olevia muutostrendejä ja näiden vaikutuksia logistiikan eri osa-alueille;
- arvioida logistiikan digitalisaation mahdollisia vaikutuksia Suomen kuljetusjärjestelmään ja liikennejärjestelmään lähitulevaisuudessa ja pitkällä aikavälillä huomioiden eri kuljetusmuodot sekä
- arvioida digitalisaation avaamia mahdollisuuksia logistisen kilpailukyvyyn kehittämisen näkökulmasta.

Tutkimusaihe on laaja-alainen: painopisteeksi rajattiin kuljetuslogistiikka, jolla on suora vaikutus liikennesuoritteeseen. Kuljetuslogistiikan osalta selvitetään jakelukuljetusten, pitkämatkaisten kumipyöräkuljetusten (runkokuljetukset), rautatiekuljetusten, merikuljetusten ja lentorahdin digitalisaation kehitystä sekä näkymiä. Vaikutusten arvioinnissa pyritään huomioimaan myös muut toimitusketjuun vaikuttavat muutostekijät yleisellä tasolla.

1.2 Työmenetelmät

Työssä toteutettiin kansainvälisen kirjallisuus- ja aineistoanalyysin kautta kartoitus logistiikkaan vaikuttavista uusista teknologisista innovaatioista. Aineistoanalyysin kautta tunnistettiin digitalisaatiota kuljetuslogistiikassa hyödyntäviä sovelluksia, teknologioita ja palveluita sekä näiden kehitysnäkymiä. Lisäksi pyrittiin tunnistamaan kehitystrendejä, jotka vaikuttavat todennäköisesti merkittävästi jonkin palveluosa-alueen tai kokonaisuuden kehittymiseen. Erityisesti kartoitettiin muualla käyttöön jo otettuja tai kehitteillä olevia kuljetusjärjestelmään vaikuttavia uuden teknologian ja toimintatapojen käyttöön perustuvia konkreettisia esimerkkejä.

Aineistoanalyysissä saatuja näkemyksiä ja tuloksia täydennettiin keskusteluissa logistiikka-asiantuntijoiden kanssa. Työn aikana toteutettiin myös työpaja, johon osallistui liikenneviranomaisten lisäksi logistiikan ja elinkeinotoiminnan asiantuntijoita. Työpajassa pyrittiin hahmottamaan digitalisaation mahdollisuuksia ja potentiaaleja sekä kehittämistarpeita.

1.3 Viitekehys

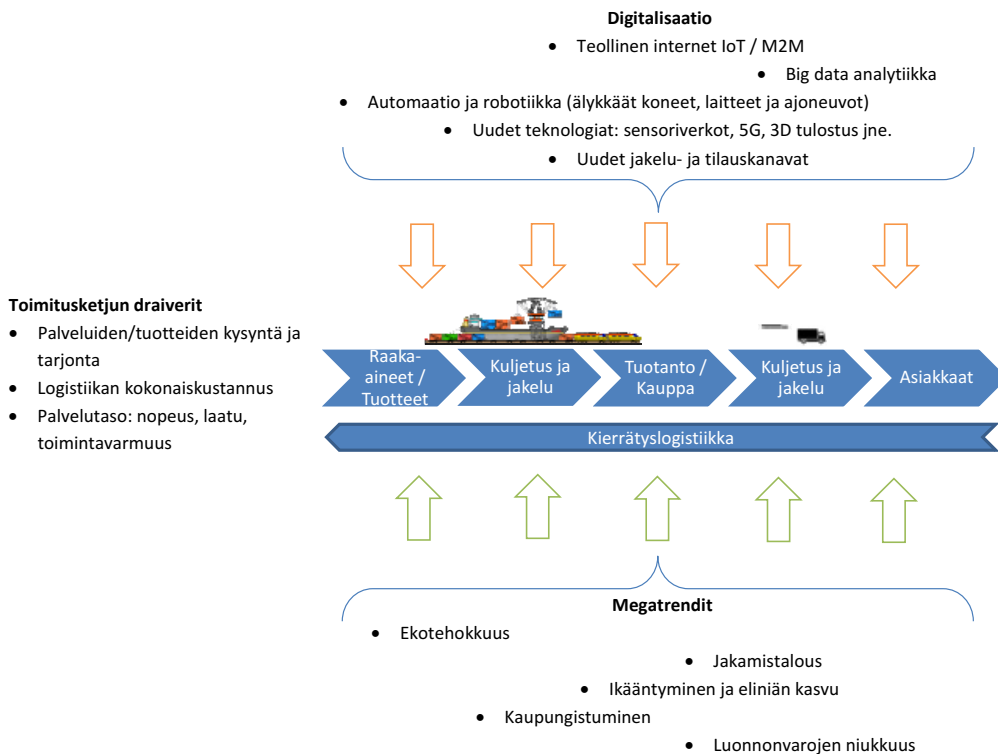
Logistiikassa on tavoitteena materiaalivirtojen ohjaaminen raaka-aineiden lähteiltä loppuasiakkaalle niin, että tuote on käytettävissä oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Logistiikka vastaa asiakastarpeisiin pyrkien minimoimaan kustannukset, laatu- ja turvallisuusriskit sekä toiminnan negatiiviset ympäristövaikutukset.

Koska logistiikka palvelee yritysten toimitusketjuja ja tarpeita, vaikuttavat logistiikan toteutukseen ja kehittymiseen tulevaisuudessa kaikki yritysten palveluihin ja toimitusketjuihin vaikuttavat tekijät. Digitalisaatio on megatrendi, joka vaikuttaa kaikkiin toimialoihin ja ihmisten elämään lukuisilla tavoilla. Myös useat muut globaalit megatrendit vaikuttavat logistiikan kysynnän kehittymiseen, logistiikkapalveluihin, toimintojen sijoittumiseen ja logistiikalle asetettaviin laatutavoitteisiin. Logistiikan näkökulmasta merkittäviä megatrendejä ovat digitalisaation lisäksi ainakin:

- **Globalisaatio**
Globalisaation vuoksi tuotannon ja markkinoiden sijoittuminen ovat jo pitkään olleet muutoksessa. Tilaus-toimitusketjun kokonaiskustannus on usein keskeisessä asemassa päätöksenteossa. Globalisaatio on johtanut merkittävästi aikaisempaa pidempiin ja monimutkaisempiin kuljetusketjuihin. Tulevaisuudessa kehittyvien talouksien painoarvo kansainvälisessä logistiikassa tulee todennäköisesti edelleen kasvamaan.
- **Ilmaston muutos ja luonnonvarojen niukkuus**
Poliittiset tavoitteet ja vaatimukset ilmaston muutoksen pysäyttämiseksi sekä luonnonresurssien viisaammalle käytölle tulevat lisäämään logistiikassa painetta entistä ekotehokkaampien ja vähäpäästöisempien kuljetusratkaisuiden kehittämiseen.
- **Jakamistalous**
Jakamistalous viittaa käsitteenä yhteisölliseen talouteen, kuluttamiseen ja palvelutuotantoon. Digitalisaation mahdollistama jakamistalouden kasvu on tuonut markkinoille uudenlaista liiketoimintaa. Uudet jakelukanavat avaavat mahdollisuuksia ja joustavuutta logistiikkaan. Samalla toimintamalli tuovat uusia haasteita perinteisillä toimintamalleilla toimiville logistiikkayrityksille.
- **Ikääntyminen ja eliniän kasvu**
Suomessa samoin kuin useimmissa läntisen Euroopan maissa väestö ikääntyy nopeasti. Samalla väestön elinikä kasvaa. Logistiikassa tämä lisää mm. kotipalvelun tarpeita.
- **Kaupungistuminen**
Kaupungistumisen myötä väestö keskittyy kaupunkeihin ja Suomessa etenkin kasvukeskuksiin. Kaupungistuminen lisää tehokkaiden ja ympäristöystävällisten kaupunkilogistiikan ratkaisujen tarvetta. Samalla maaseudulla kuljetusvolyymit vähenevät ja jakelumatkat pidentyvät, mikä tuo entistä suuremman tarpeen kuljetus- ja liikkumisketjujen tehokkaalle yhdistelylle.

- **Palveluvaltaistuminen**

VATT¹ on ennakoanut Suomen talouden tuotantorakenteen kehitystä tulevina vuosikymmeninä. Tutkimuksen mukaan talouden palveluvaltaistuminen jatkuu. Palveluvaltaistumisen myötä myös palvelusektorin logistiikan kysyntä ja määrällinen suorite kasvaa. Samalla logistiikka sidostuu palveluihin, kun logistiikkayritykset voivat logistiikkaoperaation lisäksi tarjota kuluttajille ja /tai yrityksille erilaisia palveluita.



Kuva 1. Logistiikan viitekehys: digitalisaation lisäksi toimintojen kehittymiseen vaikuttavat useat muut trendit ja ajurit.

Neljännen teollisen vallankumouksen aikakaudella logistiikan ja liikkuvuuden merkityksen ja määrän uskotaan kasvavan. Muut megatrendit, kuten kaupungistuminen ja globalisaatio, kasvattavat kaupankäynnin volyymia. Määrällisesti entistä suuremmat tuotevirrat pitää hallita ympäristöystävällisesti. Samalla logistiikkatoimijat joutuvat toimimaan entistä tiukempien päästörajoitusten mukaan. IoT ja uusi teollinen vallankumous mahdollistavat logistiikan ja tuotannon saumattoman ja reaaliaikaisen kommunikoinnin, jolloin tuotanto ja toimitusketju muodostuvat entistä saumattomamman kokonaisuuden. Pienten tilausmäärien toimittamisen ja logistiikkaketjujen muuntautumiskyvyn tarve tulee kasvamaan. Muun muassa verkkokaupan suosion kasvun myötä ovelta-ovelle kuljetukset ja kertaluontoiset toimitukset tarvitsevat älykkään ja tehokkaan ohjausjärjestelmän. Koko tuotanto- ja toimitusjärjestelmän IoT:n mahdollistama sisäinen yhteydenpito avaa paljon uusia mahdollisuuksia ja toiminnan tehostamiseen niin taloudellisesti kuin ympäristönkin kannalta.²

¹ VATT 2014

² Kagermann, 2015

2 Keskeisiä käsitteitä

2.1 Digitalisaatio

Digitalisaatiolle ei ole vakiintunutta määritelmää. ITS Finland on määrittänyt liikenteen digitalisaation seuraavasti:

”Liikenteen digitalisaatio tarkoittaa informaation purkamista bitteihin, mikä mahdollistaa tiedon tallentamisen, järjestelemisen ja muuntelun. Kun tämä yhdistetään esimerkiksi mobiiliteknologiaan (esim. tabletit, sosiaaliset verkot, pilvipalvelut), kokonaiset teollisuudenalat mullistuvat.”³

Gartner korostaa digitalisaation määritelmässään uusien teknologioiden avaamia liiketoimintamahdollisuuksia:

“Digitalization is the use of digital technologies to change a business model and provide new revenue and value-producing opportunities; it is the process of moving to a digital business.”⁴

Yleisesti digitalisaatiolla tarkoitetaan siis älykkäiden ratkaisujen ja teknologian integroitumista eri toimialoille ja näiden liiketoimintaan sekä ihmisten arkeen.

Digitalisaatioon liittyy lukuisia teknologioita, ilmiöitä ja asiakokonaisuuksia. Suurten tietomäärien hallinta, koneiden ja automatisoitujen järjestelmien välinen kommunikointi sekä tarkat simulointi- ja kuvausmenetelmät ovat osa-alueita, joiden kehitys on välttämätöntä älykkään tuote- ja palvelutuotannon rakentumiselle.

Tässä työssä digitalisaatiota tarkastellaan laaja-alaisesti. Keskeisinä ilmiöinä tarkastellaan etenkin seuraavien ilmiöiden ja tai teknologioiden vaikutusta logistiikkaan:

- Esineiden internet tai teollinen internet (engl. The Internet of Things, IoT)
- Big data
- Automaatio ja robotiikka (älykkäät koneet, laitteet ja ajoneuvot)
- Uudet tuotantoteknologiat
- Uudet jakelu- ja tilauskanavat

2.1.1 Esineiden internet, IoT

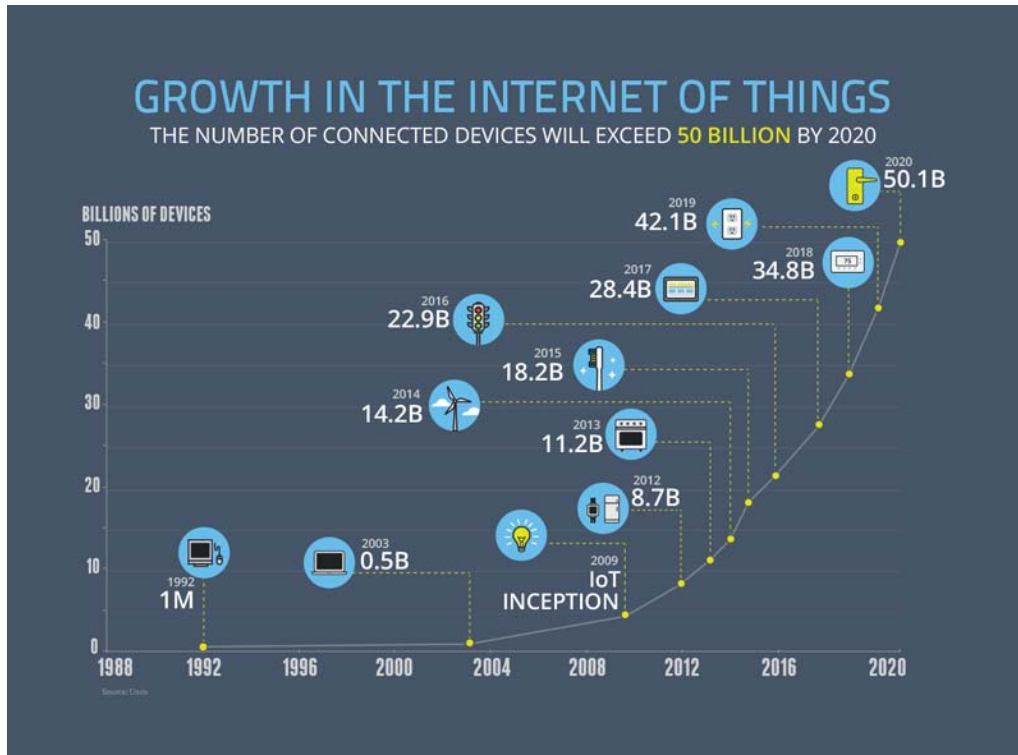
Esineiden internet eli Internet of Things (IoT) on saanut paljon näkyvyyttä ja sitä pidetään yhtenä tärkeimmistä älykkään yhteiskunnan ilmiönä⁵. IoT tarkoittaa järjestelmää, jossa kaikki yksittäiset esineet ja infrastruktuurin osat ovat yhteydessä toisiinsa internetverkon välityksellä. Esineet keräävät tietoa ympäristöstään ja kommunikoivat keskenään. Kerättyä tietoa hyödynnetään erilaisten sovellutusten käytössä, toimintojen optimoinnissa, ylläpidossa, seurannassa ja palveluissa. Ennusteiden mukaan tulevaisuudessa IoT käsittää jopa 50 miljardia yksittäistä laitetta, joten tutkimus- ja liiketoimintamahdollisuuksia on erittäin paljon. Esineiden internetin toteutuminen ennus-

³ ITS Finland, 2016

⁴ Gartner, 2016

⁵ Kawamoto, 2015

tetussa laajuudessaan vaatii kuitenkin vielä paljon aikaa ja kehitystyötä. Nykyinen langaton LTE-verkko (Long Term Evolution) ei tue IoT-liikennettä ja yksi suurimmista haasteista onkin tehokkaan verkon rakentaminen ja ylikuormituksen välttäminen. Myös teknologiaa on tarve kehittää, jotta yksittäiset esineet voivat energiatehokkaasti kerätä ja prosessoida tietoa.⁶



Kuva 2. Arvio IoT:n kasvusta (lähde: Wellers 2015).

Läheisesti esineiden internetiin liittyy myös niin sanottu neljäs teollinen vallankumous. Digitalisaation ansiosta tuotantojärjestelmiä voidaan viedä kohti itseohjautuvia, muuntautumiskykyisiä täysin autonomisia järjestelmiä, joissa koneet tai kuljetusvälineet kommunikoivat keskenään ilman ihmisen tai tietokoneen ohjausta. Teollisuuden mullistuksella uskotaan olevan paljon positiivisia vaikutuksia, sillä prosessin seuranta ja reagoitukyky tulee paranemaan merkittävästi. Samalla tuotannon häiriöitä ja resurssien hukkaa voidaan välttää entistä paremmin.⁷

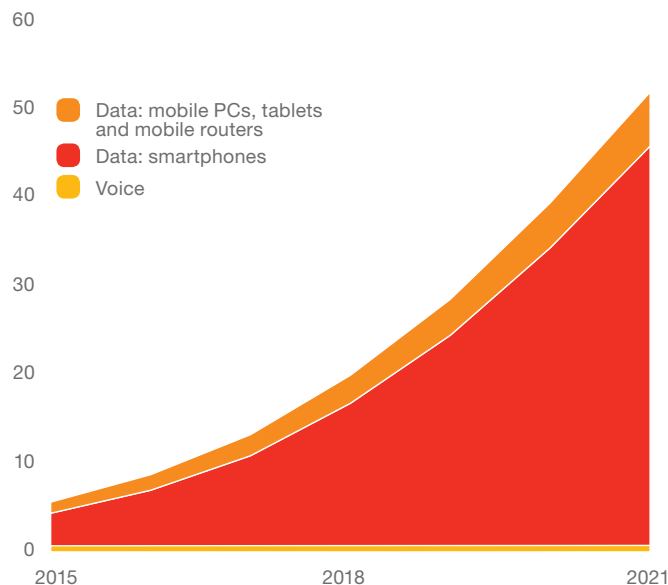
2.1.2 Tietoverkot

Langattoman tiedonsiirron ja verkkoihin kytkeytyneiden laitteiden ja esineiden määrän voimakas kasvu tuo nopeasti neljännen sukupolven verkon kapasiteettirajan vastaan. Toisaalta nykyinen LTE-verkko (Long Term Evolution) ei tue IoT-liikennettä. Yksi suurimmista teknologisista haasteista onkin riittävän tehokkaan verkon rakentaminen ja ylikuormituksen välttäminen. Parasta aikaa on käynnissä uuden sukupolven (5G) langattoman tiedonsiirtoverkon kehitystyö, jolla pyritään vastaamaan edellä mainittuihin haasteisiin.

⁶ Choi, 2015

⁷ Kagermann, 2015

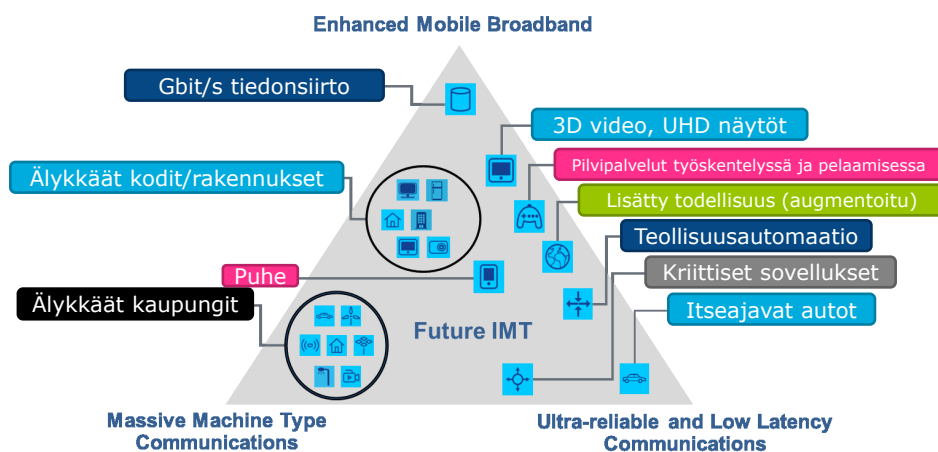
Global mobile traffic (monthly ExaBytes)



Kuva 3. Arvio mobiili liikenteen kasvusta lähivuosina (lähde: Ericsson 2015).

5G-verkon tavoitteita ovat parannettu liikkuva laajakaista, massiivinen konetyyppinen kommunikaatio, alhainen latenssi ja äärimmäinen luotettavuus. Näistä kaksi viimeksi mainittua ovat edellytyksiä autonomisten ajoneuvojen yleistymiselle. 5G:n arvioidaan tulevan käyttöön 2020-luvun alussa. Järjestelmän standardointi on käynnistynyt. Suomessa pilottiverkkoja on toiminnassa ainakin Espoossa ja Oulussa.⁸

Mahdollisia 5G-sovelluksia



Kuva 4. 5G:n mahdolliset sovellusalueet (lähde: Viestintävirasto 2015).

⁸ Digitoday 2015

2.1.3 Sensoriverkot

Erilaiset toimintaa ja toimintojen tilaa valvovat sensorit ja näistä muodostuvat sensoriverkot toimivat IoT:n tuntosarvina. Sensorit voivat valvoa tuotantolaitoksen, ajoneuvon, tuotantolaitteen tai liikenneverkon tilaa. Sensoreilla voidaan seurata esimerkiksi teollisuuden ja liikenteen suoritetta, lämpötilaa, ilmaaasteita, kosteutta, rakenteiden kuormitusta, kunnossapidon tasoa tai tärinää. Sensoreita seurataan internetin välityksellä. Sensoreiden välittämät mittaukset ja informaatio synnyttävät suuria tietomääriä (big data).

Langattomat sensoriverkot koostuvat tyypillisesti ympäristöään havainnoivista vähävirtaisista laitteista, jotka kykenevät prosessoimaan ja välittämään langattomasti kerättyä informaatiota. Langattomien sensoriverkkojen avulla luodaan siltoja fyysisesti havainnoitavan ja digitaalisen maailman välille.

2.1.4 Big data, suuret tietomäärät

Big data -käsitteelle ei ole yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Yleensä käsitteellä tarkoitetaan erittäin suuria, järjestelemättömiä ja mahdollisesti kasvavia tietomääriä, joista jalostetaan tilastollisin, matemaattisin ja tietoteknisin menetelmin uudenlaista tietoa. Uutta tietoa tuotetaan koko ajan käsittämättömiä määriä: digitaaliset laitteet ja anturit mittaavat jatkuvasti ympäristöämme ja tekemistämme. Myös yritykset keräävät koko ajan enemmän dataa asiakkaistaan ja omasta toiminnastaan sekä prosesseistaan.

Big datan lähteitä voivat olla esimerkiksi:

- aika-, paikkatiedot ja kustannustiedot: esimerkiksi navigointipalveluun tai toiminnanohjaus-järjestelmään tallentuva tieto;
- laitteiden toimintaa ja ympäristöä tarkkailevat sensorit tai RFID-tunnisteet;
- telemetria ajoneuvoista (automaattinen kommunikaatioprosessi mittauksista ja kerätystä datasta) sekä
- internetsivustojen lokitiedot, sosiaalisen median sisältö ja/tai asiakaspalautteet.

Big data -analytiikka tunnistaa ja jalostaa suurista datamääristä käyttäjille hyödylliset tiedot. Ennakoiva analytiikka oppii yrityksen kokemuksesta kertyneestä datasta ja tekee sen perusteella ennusteita.

2.2 Automaatio

Automaatiolla on yhä merkittävämpi rooli rakennetussa ympäristössä. Merkitys on laajentunut teollisuudesta jokapäiväiseen elämään. Digitalisaatio kytkeytyy vahvasti automaatioon ja robotiikkaan. Kehittyvät keinoäly, IoT, sensorit ja tietoverkot vauhdittavat robottien kehittämistä ja käyttöönottoa.

2.2.1 Robotiikka

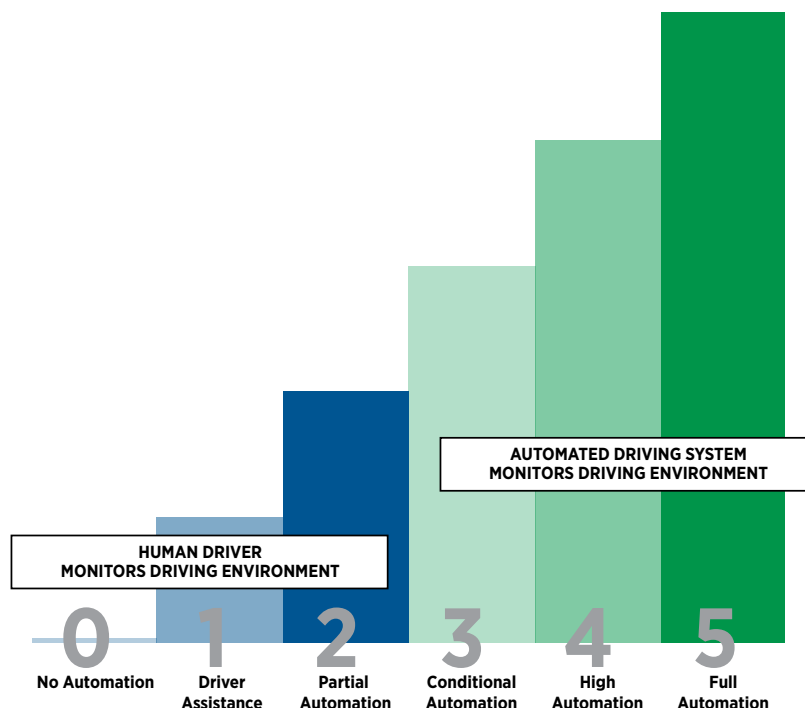
Robotti on kone, joka suorittaa jonkin työtehtävän automaattisesti. Robotteja ovat esimerkiksi teollisuusrobotti, palvelurobotti, kenttärobotti tai autonominen ajoneuvo. Tuotannossa automaation ja robotiikan käyttö on kasvamassa lähes kaikilla toimialoilla. Yksi merkittävä robotiikan kasvualue on liikenne ja logistiikka: ihmisten ja tavaroiden liikuttaminen sekä varastot. Tutkimusten mukaan robotiikan maailman-

laajuiset markkinat ovat tällä hetkellä 14–25 miljardia euroa mukaan laskettavista segmenteistä riippuen⁹. Markkinoiden suuruudesta riippumatta robotiikan vaikutukset tuotannon tehokkuuteen ovat kiistattomat: McKinsey Global Institute on arvioinut, että edistyneen robotiikan käytöstä voitot nousevat 1,6–4,2 biljoonaan euroon. Roboteilla arvioidaan olevan tuotannon tehostumisen kautta samanlainen vaikutus bruttokansantuotteeseen kuin höyrykoneilla viime vuosisadalla.

2.2.2 Autonomiset ajoneuvot

Tieliikenteen ajoneuvojen automaatio luokitellaan kuuteen tasoon. Kolmella ensimmäisellä tasolla ihmisen rooli ohjauksessa ja ympäristön seurannassa on olennainen. Kolmella kehittyneimmällä tasolla automaatio tarkkailee ympäristöä ja järjestelmät voivat ohjata ajoneuvoja (kuva 4). Autonomiset ajoneuvot (luokat 3–5) voidaan erottaa toisistaan seuraavasti¹⁰:

- **Puoliautonominen** (semi-autonomous / conditional automation): ajoneuvossa kuljettajaa avustavat järjestelmät voivat toimia itsenäisesti tai integroituna kokonaisuutena (esim. kaistalla pysymisen tuki), mutta kuljettaja ohjaa ajoneuvoa.
- **Pitkälle autonominen** (highly autonomous / high automation): ajoneuvossa kuljettajaa avustavia järjestelmiä, jotka toimivat integroituna kokonaisuutena, ja jotka määrätyissä oloissa voivat hoitaa joitakin ajamiseen liittyviä tehtäviä ilman kuljettajan jatkuvaa aktiivista ajamista.
- **Täysautonominen** (fully autonomous): kaikki ajoneuvon kuljettajaa avustavat järjestelmät täysin integroituja ja toimivat yhtenä kokonaisuutena vastaten kaikista ajamiseen liittyvistä tehtävistä. Kuljettaja reagoi vain hätätapauksessa.



Kuva 5. Autonomisten ajoneuvojen luokittelu (lähde: SAE 2016, standard J3016).

⁹ LVM 2016

¹⁰ LVM 2016

Autonomisten ajoneuvojen kehitysvauhti on kova ja kilpailu uusien innovaatioiden käyttöönotossa yritysten välillä tiukka. Autonomisia ajoneuvoja ja liikennepalveluita ovat kehittämässä perinteisen autoteollisuuden yritysten lisäksi useat aikaisemmin teknologia- ja ohjelmistoratkaisuja tuottaneet yritykset kuten esimerkiksi Google ja Apple.

Autonomisten ajoneuvojen arvioidaan muuttavan liikennejärjestelmää nykyistä turvallisemmaksi ja tehokkaammaksi. Nykyisin suurin osa auto-onnettomuuksista johtuu ihmisen erehdyksestä tai virheestä. Automatisoidut järjestelmät havaitsevat esteitä ja poikkeavaa käyttäytymistä tieverkolla paljon ihmisaisteja nopeammin ja tarkemmin sekä reagoivat näihin nopeammin. Ajoneuvojen välinen langaton kommunikointi lisää myös turvallisuutta liikenteessä. Lopullisessa tilanteessa, jossa kaikki ajoneuvot ovat itseohjautuvia, yhteydessä toisiinsa ja kulkevat synkronoidulla nopeudella, onnettomuusriski on lähes olematon. Automatisoituun ajoon siirtyminen vähentää lisäksi merkittävästi liikenteen päästöjä. Ajotoimintojen monitorointi ja optimointi koneellisesti mahdollistaa paljon nykyistä ympäristöystävällisemmän ajamisen. Automaatiohjaus kasvattaa myös ajamisen tehokkuutta. Ajonopeudet voidaan asettaa korkeammaksi turvallisemmassa ajoympäristössä ja ajoneuvojen langattoman viestinnän vuoksi reitinoptimointia voidaan suorittaa ajon aikana ja siten välttää ruuhkia sekä liikenteen tukkeutumista. Kuljettajan ja matkustajan näkökulmasta itseohjautuva auto kasvattaa lisäksi matkustamisen mukavuutta. Matkustus aika voidaan käyttää hyödyksi tai leppäämiseen, jos kuljettajan ei tarvitse havainnoida liikennettä tai keskittyä ajamiseen.¹¹

2.2.3 Uudet tuotantoteknologiat

Teollisuustuotannossa automaation ja robottien käyttö kasvaa globaalisti noin kuusi prosenttia vuosittain. Teknologisen kehityksen myötä vuosittain arvioidaan saatavan noin kahdeksan prosenttia lisää tuotantotehoa uudella laitteella. Robotiikassa painopiste on voimaohjattujen laitteiden kehityksessä: uuden anturointitekniikan ja tarkan voimaohjauksen avulla voidaan järjestelmistä tehdä turvallisia sulkematta robottia häkkiin. Työntekijä voi jo lähitulevaisuudessa toimia turvallisesti myös robotin työalueella. Tämä kehitys antaa uusia mahdollisuuksia ihmisen ja robotin yhteistyön järjestämiseen teollisuudessa sekä säästää arvioiden mukaan noin kymmenen prosenttia järjestelmän investoinnista parantuneena tilankäyttönä ja aitojen poistamisena.¹²

Digitalisaation yksi sovellus on 3D-tulostus. 3D-tulostin valmistaa fyysisiä esineitä digitaalisista malleista. Tulostinten materiaaleina voidaan käyttää erilaisia materiaaleja kuten muovia, metalleja tai betonia. Tulostin mahdollistaa esim. varaosien, prototyyppien ja/tai komponenttien tuottamisen nopeasti ja lähellä. 3D-tulostus voi merkitä vallankumousta tuotteiden valmistuksessa. Jatkossa ei välttämättä tuoteta standardoituja tuotteita vaan yksilöityjä tuotteita tai niiden osia hyvin kustannustehokkaasti lähellä kulutusta. Tuotantoprosessit lyhenevät mahdollisesti viikkoja, kun vanhoja työvaiheita jää pois, ja ennen ulkomailta tilattuja osia tai tuotannon prototyyppijä voidaan valmistaa itse.

¹¹ DHL 2014

¹² LVM 2016

Automaation ja robotiikan käytön kasvu yhdessä 3D-tulostamisen kanssa merkitsevät todennäköisesti lähivuosikymmeninä suuria muutoksia tuotannon sijoittumiseen ja edelleen logistiikkaan. Kun tuotanto kehittyneissä talouksissa muuttuu kilpailukykyisemmäksi, voi tuotanto osittain palata lähemmäs markkinoiden loppuasiakasta. Samalla koko toimitusketju ja myös kuljetustarpeet muuttuvat.



Kuva 6. 3D tulostuksella voidaan tuottaa metallista varaosien lisäksi muitakin monimutkaisia rakenteita kuten siltoja (kuva: Techxplore 2015).

3 Näkymiä käynnissä olevasta kehityksestä

Digitalisaation etenemisen ja automaation kehittymisen myötä syntyy koko ajan uusia teknologisia ratkaisuja, joilla on merkittäviä vaikutuksia logistiikkaan ja kuljetuksiin. Useat uudet innovaatiot teknologioihin ja palveluihin ovat kehitys- ja/tai pilottivaiheessa. Niitä tullaan ottamaan käyttöön lähivuosina. Seuraavissa luvuissa on esitelty nykytilannetta ja näkymiä eri osa-alueilta.

3.1 Automaatio ja robotiikka kuljetuksissa

Kuljetusvälineiden automaatio- ja robotiikkakehityksen uutisoinnissa fokus on ollut viimevuosina tieliikenteen ajoneuvoissa, joiden kehitys on edennyt nopeasti kohti täysin automaattisia ajoneuvoja. Kuitenkin myös muissa liikennemuodoissa automaation käyttöönotto ja soveltaminen etenevät – osin vauhdikkaammin kuin tieliikenteessä. Esimerkiksi lentokoneissa ja raideliikenteessä kehittynyttä automaatiota on käytetty jo 1960-luvulta: lentokoneissa autopilotit ja raideliikenteessä automaattimetrot. Myös meriliikenteessä laivojen automaatio ja esimerkiksi komentosilta-toiminnot ovat nykyisin jo pitkälle automatisoituja.

3.1.1 Tiekuljetukset

Ajoneuvovalmistajat ovat edenneet pitkälle täysin autonomisten rekkojen kehittämisessä. Jo ennen siirtymistä täysin itsenäisesti ajaviin ajoneuvoihin, automaattiset järjestelmät voivat lisätä raskaan liikenteen turvallisuutta monilla tavoin. Nykyisin ajoneuvoissa on vielä kuljettajat, mutta monia ajotoimintoja voidaan hoitaa automaation avustuksella. Automaattinen ohjausjärjestelmä voi säätää nopeuden, turvavälit ja ajolinjat, jolloin kuljettajan vastuulle jää suuremmat ohjausliikkeet kuten kääntymiset, liittymiset ja poistumiset.

Automaattisia rekkoja ovat tutkineet, kehittäneet ja testanneet muun muassa Volvo, Scania ja Daimler sekä useat muut johtavat ajoneuvovalmistajat.¹³ Suljetuilla alueilla automaattiset ajoneuvot ovat jo osin tuotantokäytössä: esimerkiksi Länsi-Australiasa kaivosyhtiö on ottanut käyttöönsä 69 täysin autonomista ajoneuvoa rautamalmin kuljettamiseen kaivoksen sisäisissä kuljetuksissa.¹⁴ Useat valtiot kuten Hollanti, USA ja Iso-Britannia ovat jo varautumassa säädöksissään autonomisten rekkojen tuloon.

Logistiikassa autonomisiin ajoneuvoihin siirtyminen lisää eri arvioiden mukaan toiminnan tehokkuutta ja turvallisuutta. Täysin itseohjautuvat ajoneuvot voivat toimia ilman kuljettajaa tauotta pitkiä matkoja, jolloin kuljetuskustannukset laskevat ja toiminnan joustavuus kasvaa. Nykyisin raskaat ajoneuvot ovat onnettomuustilanteissa vaaraksi muulle liikenteelle. Kuljettajan reagointikyky on rajallinen: raskaita ajoneuvoja on vaikea hallita haastavissa sääolosuhteissa ja nopeissa väistämistilanteissa. Automaattiset järjestelmät tuovat tarkkuutta ympäristön havainnointiin ja nopeudenhallintaan. Autonomisten rekkojen arvioidaan olevan myös potentiaalinen ratkaisu raskaan liikenteen kuljettajapulaan. Länsi-Euroopassa ja USA:ssa arvioidaan olevan

¹³ DHL 2014

¹⁴ Rio Tinto plc 2016

lähivuosikymmeninä jopa satojen tuhansien kuljettajien vaje eläköitymisen ja alan heikon vetovoiman vuoksi.¹⁵



Kuva 7. Automaattiajoneuvoja Pilbarassa Australiassa (kuva: Rio Tinto).

Case Daimler¹⁶

Daimler on testannut ensimmäisiä itseohjautuvia rekkoja moottoritiellä Saksassa ja Nevadassa USA:ssa 2015. Testissä olleet rekat ovat pitkälle automaattisia ja edellyttävät kuljettajan läsnäolon ajoneuvossa. Kuljettaja voi kytkeä automaattisen pilotin päälle moottoritiellä. Daimlerin visiona on kehittää tulevaisuudessa täysin automaattisia rekkoja.



Kuva 8. Pitkälle autonominen rekka testiajossa Saksan moottoritiellä (kuva: Mercedes-Benz, www.mercedes-benz.com).

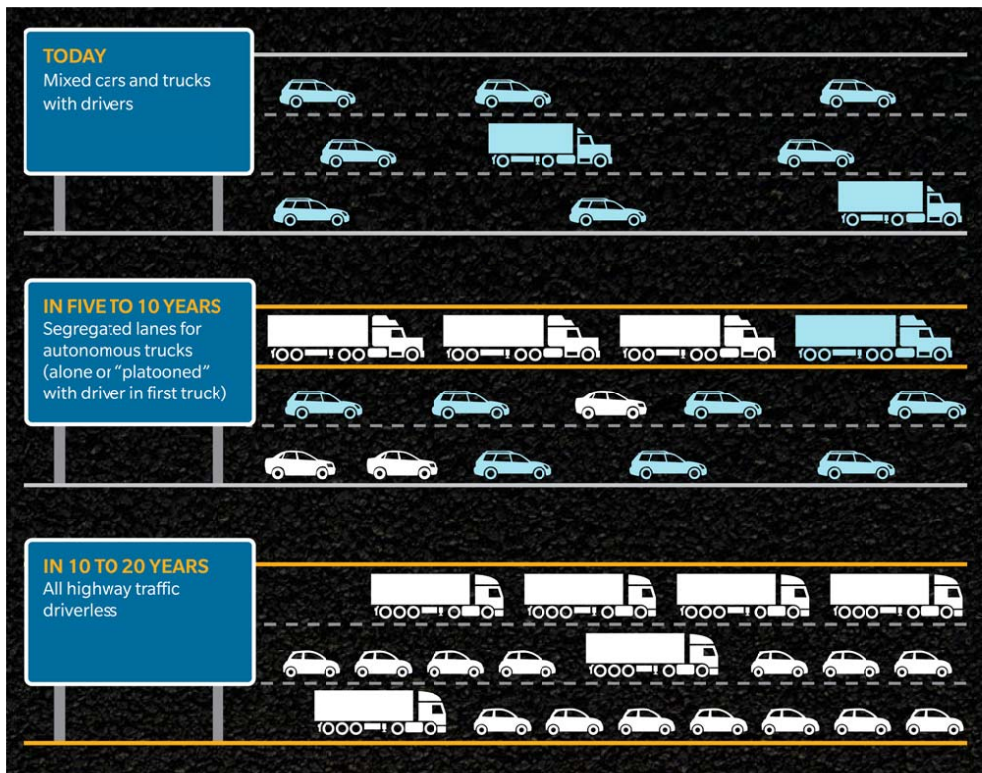
¹⁵ Oliver Wyman 2015

¹⁶ Daimler AG 2016

Raskaan liikenteen ajoneuvot voivat kommunikoida keskenään muiden automaattisten ajoneuvojen tapaan. Tämä mahdollistaa rekkojen letka-ajon tai saattueajon (platooning), mikä vähentää raskaan liikenteen satunnaista sijoittumista muun liikenteen sekaan ja parantaa liikenneturvallisuutta. Jonon ensimmäinen ajoneuvo ohjaa jonoa ja muut seuraavat automaattisesti (etäisyydet lyhyitä).

Automaattirekkojen käyttö ja ajoneuvot toisiinsa kytkevä letka-ajo ovat vielä kokeiluvaiheissa. Teknologioiden kehittyminen pilottikokeiluista yleiseen kaupalliseen käyttöön vie vuosia ja käyttö voi olla aluksi rajoitettua esim. tietyille osaa tieverkkoa (kuva 9).

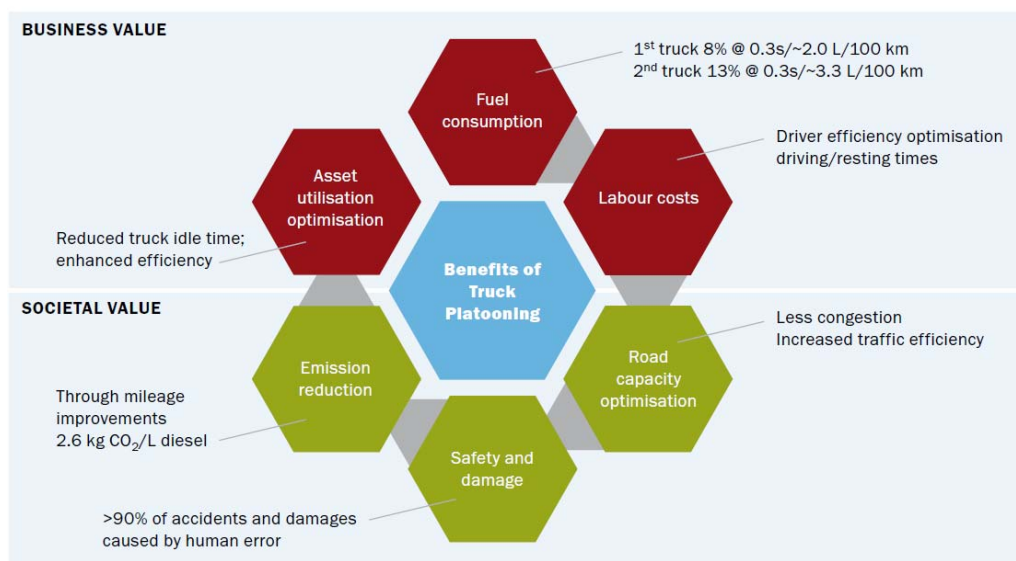
Letka-ajon osalta on tehty useita kokeiluja vuosina 2015 ja 2016 ajoneuvovalmistajien ja logistiikkayritysten yhteistyönä. Huhtikuussa 2016 toteutettiin kansainvälinen ”European Truck Platooning Challenge”, johon osallistui kuusi automaattisia ajoneuvoja kehittävää yritystä (DAF Trucks, Daimler Trucks, Iveco, MAN Truck & Bus, Scania and Volvo Group). Tapahtumassa ajettiin letka-ajona julkisella tieverkolla useista eurooppalaisista kaupungeista Hollannin Rotterdamiin.



Kuva 9. Arvio autonomisten ajoneuvojen käyttöönoton aikataulusta (kuva: Oliver Wyman 2015).

Letka-ajolla on saavutettavissa merkittäviä kustannushyötyjä. Hollannissa tutkitaan aktiivisesti saattueajon mahdollisuuksia ja kustannushyötyjä. Keskeisiä hyödyiksi arvioidaan polttoainekulutuksen väheneminen 5–15 %, kuljetuskaluston käytön tehostuminen (kalusto vähemmän pysähdyksissä) ja kuljettajien tehokkuuden lisääntyminen vaihteittain. Laadittujen laskelmien perusteella kahden rekan letka-ajolla ja noin 160 000 kilometrin vuosittaisella ajolla, olisi mahdollista säästää noin 6 000 euroa polttoainekustannuksista. Henkilöstöhyötyjen saavuttaminen edellyttäisi joko mahdollisuutta kuljettajille viettää lepoaikaa letka-ajon aikana (ensimmäisen ajoneuvon ohjauksessa) tai kuljettajien poistamista kokonaan letka-ajossa ensimmäisen

ajoneuvon ohjauksessa olevista ajoneuvoista. Nykyisin lepo- ja ajoaikasäädökset ja tieliikennelainsäädäntö eivät tätä vielä mahdollista. Jos lepoajaksi lasketaan tulevaisuudessa letka-ajo-ohjauksessa vietetty aika, ovat taloudelliset potentiaalit jo kahden auton letka-ajosta merkittäviä (kuva 11). Hyödyt kasvavat edelleen huomattavasti, jos osa rekoista voisi toimia ilman kuljettajaa. Muita merkittäviä arvioituja hyötyjä ovat liikenneturvallisuuden paraneminen, päästöjen väheneminen ja ruuhkautumisen väheneminen. Hollannissa tavoitteeksi on asetettu kahden auton saattueajon mahdollistaminen vuoteen 2020 mennessä. Kahden rekan letka-ajoa pidemmissä ajoneuvoletkoissa nähdään nykyisellä liikenneinfrastruktuurilla ainakin liikenteen sujuvuuteen liittyviä haasteita. Pitkille rekkaletkoille tarvittaisiinkin todennäköisesti omat erilliset kaistat.^{18 19}



Kuva 10. Letka-ajon arvioituja etuja (lähde: TNO WhitePaper 2015).

Annual business results in two business cases

Parameters	Peter Appel Transport	De Winter Logistics
Number of trucks used for platooning	35	44
Number of km per year per truck platooning	77,500	44,000
Number of man-hours	169,500	246,800

Business Case - per year¹

Case	Scenario	Total benefits	Total Costs	Profits	Profits per truck
Peter Appel Transport (PAT)	A: 2dr	492,000	28,400	463,500	13,200
De Winter Logistics (DWL)	A: 2dr	572,000	32,400	539,600	12,300

Note, these numbers are rounded off in hundreds (oo).

Kuva 11. Laskelma letka-ajon taloudellisista vaikutuksista (kahden auton letka-ajossa), jos toisen auton kuljettajan lepoaika voidaan viettää letka-ajossa (lähde: European Truck Platooning Challenge 2016).

¹⁸ TNO WhitePaper 2015

¹⁹ Oliver Wyman 2015

Arvioituja hyötyjä

- Vähentää työvoimakustannuksia: ensivaiheessa lepoajat ajoneuvoissa ja edelleen tulevaisuudessa mahdollisesti kuljettajien poistuminen (täysautomaattisista) ajoneuvoista
- Parantaa kustannustehokkuutta: operoinnin yksikkökustannukset vähenevät ja investoinnin käyttöaste kasvaa automaation käyttöönoton edetessä
- Lisää liikenneturvallisuutta ja matkustamisen mukavuutta/työhyvinvointia
- Vähentää päästöjä ja lisää ympäristöystävällisyyttä
- Voi olla ratkaisu näköpiirissä olevan kuljettajapulaan
- Letka-ajon yleistyminen lisäisi tieverkon kapasiteettia

Haasteita

- Vastuukysymykset
- Teknologia vielä osin keskeneräistä
- Ei tiedossa vielä tarkkaan, mitä edellyttää liikenneinfrastruktuurilta
- Lainsäädännön muutostarpeet: autopilotin ohjauksessa ajoa ja/tai letka-ajossa tapahtuvaa ajoa ei nykyisin mahdollista säädöksen perusteella laskea lepoajaksi
- Logistiikka-alan työllistävä vaikutus voi vähentyä, ammattiliittojen suhtautuminen automaatioon vielä avoin

3.1.2 Rautatiekuljetukset

Rautatiekuljetuksissa automatisaation arvioidaan etenevän maailmalla hitaammin kuin tieliikenteessä²⁰. Turvallisuusvaatimukset ja tarpeet korostuvat rautatieliikenteessä: koko nykyinen rautatieliikenteen automaatio on rakennettu suurelta osin parantamaan turvallisuutta. Nykyisin älykäs automaatio on keskittynyt kulunohjaukseen ja -valvontaan sekä tasoristeyksien turvaamiseen. Tasoristeyksissä automaatiota käytetään esimerkiksi turva- ja varoituslaitteiden käyttöön sekä risteävän ajoneuvoliikenteen ajalliseen erottamiseen junaliikenteestä²¹. Lisäksi ratapihoilla on käytössä paljon tietokoneohjattua automaatiota erityisesti asetinlaitteissa. Täyttä automaatiota tärkeämmäksi nähdään edelleen mm. liikennöinnin turvallisuutta parantavien ratkaisuiden kehittäminen.

Ilman kuljettajaa liikkuva juna on pitkälle vietyä automatisointia. Nykyisin yksittäisiä toimintoja kuten liikkeelle lähtöä, kiihdytystä, matka-ajoa, hidastamista, pysäyttämistä on kehitetty pitkälle. Keskeinen vaatimus automaattiselle junalle on radan suojaaminen radalle mahdollisesti tulevilta esteiltä, pääosin ihmisiltä ja eläimiltä. Suljetuissa järjestelmissä, kuten kaupunkien metroluonteisissa, automatisointi on edennyt jo pitkälle. Vuonna 2014 maailmanlaajuisesti 35 kaupunkia operoi ainakin jotakin osaa metrojärjestelmästänsä täysin automaattisesti.²² Rahtiliikenteessä on otettu 2015 käyttöön Länsi-Australiassa ensimmäinen pitkällä kuljetusetäisyyksillä operoiva automaattijuna. Juna operoi muulta liikenteeltä suljetulla rataverkolla.

²⁰ Fox 2015

²¹ LVM 2015

²² UITP 2015

Case Rio Tinto²³

Kaivosyhtiö Rio Tinto otti 2015 testikäyttöön Länsi-Australiassa maailman ensimmäisen pitkällä kuljetusetäisyyksillä operoivan automaattijunan kuljetuksissa rauta-kaivoksilta satamiin. Kaivosyhtiö liikennöi kaivoksilta satamiin hallinnoimallaan 1 500 kilometrin laajuisella rataverkolla Länsi-Australiassa. Junien ja samaan järjestelmään kuuluvien kaivosten ja satamien toimintaa etäohjataan erillisestä operaatiokeskuksesta. Järjestelmä mahdollistaa reaaliaikaisen informaation saannin ja visualisoinnin koko kuljetusketjussa. Samalla järjestelmä on laajennettavissa uusiin juniin ilman lisäkustannuksia ohjausjärjestelmään.

Vuoden 2016 aikana yhtiö pyrkii automaatiojärjestelmän viimeistelyyn (tehokkuuden ja luotettavuuden parantaminen ja asteittainen integraatio toimintoihin) ja saamaan järjestelmälle viranomaishyväksynät. Yhtiön tavoitteena on ottaa lähivuosina käyttöön 180 automaattijunaa, joihin tullaan investoimaan yhtiön arvion mukaan 518 miljoonaa dollaria.



Kuva 12. Ensimmäinen automaattinen rahtijuna testikäytössä Länsi-Australiassa 2015 (kuva: Rio Tinto plc 2016).

Suomessa rataverkon asetinlaitteet ovat kansainvälisessä vertailussa moderneja. Esimerkiksi tietokoneohjatussa asetinlaitteiden kauko-ohjauksessa Suomi on maailman huippua. Mahdollisuuksia on nähty liikenteenohjauskeskusten automatisaation kehittämisessä ja junien energiakulutuksen optimoinnissa älykkään automaation keinoin.²⁴

Arvioituja hyötyjä

- Kasvava ratakapasiteetti: mahdollistaa tiheämmin liikennöintifrekvenssin
- Lyhenevä matka-aika (ei pysähdyksiä henkilökunnan vaihtoihin tms.) ja toiminnan joustavuus
- Laskeva energiakulutus ja pienemmät päästöt tehokkuuden nousun myötä
- Paraneva turvallisuus

²³ Rio Tinto plc 2016

²⁴ LVM 2015

Haasteita

- Turvallisuuden ja luotettavuuden varmistaminen, epäluulot automaatiota kohtaan
- Automaatiosta henkilötyön vähenemisen kautta saatavat hyödyt pienemmät kuin tieliikenteessä
- Suomessa rataverkko pääosin yksiraiteista ja liikenne sekaliikennettä (henkilö- ja tavaraliikenne samoilla radoilla)
- Suomen rautatieliikenteessä on osittain vanhat tai puuttuvat turvalaitteet valtion rataverkolla, mikä aiheuttaa epäjatkuvuuskohtia junien automaattisen ohjauksen kehittämiseen
- Raideliikenne vahvasti säädeltyä: uudistusten tekeminen hidasta
- Suomessa kehittämistoiminnan katalyytti puuttuu (toimijoiden arvion mukaan)

3.1.3 Vesitiekuljetukset²⁵

Automaatiota käytetään laivakuljetuksissa nykyisin esimerkiksi alusten etävalvonnassa ja -hallinnassa sekä konetehtojen ja ohjauksen automatiikassa. Automaatiikan kehittyessä ollaan automatisoimassa enenevässä määrin aluksen tekniikan hallintaa ja ohjausta. Merkittävän haasteen muodostavat meriympäristön tiedonsiirtoverkot. Inhimillisten tekijöiden vaikutuksen vähenemisen vuoksi hyvin varustellun aluksen kauko-ohjauksen on arvioitu olevan jopa turvallisempaa kuin nykyisen alukselta tapahtuvan ohjauksen. Etäohjausta ja automaatiota voidaan soveltaa olemassa oleviin aluksiin ja/tai rakentaa alukset kokonaan uuden teknologian hyödyt optimoiden.

Meriliikenteessä ja satamissa automaation määrä on lisääntymässä nopeasti. Digitalisaation arvioidaan konkretisoituvan satamalogistiikassa esineiden internetin yleistymisenä, tietoverkkojen laajana hyödyntämisenä laivojen huolto- ja korjaustoimintojen ennakoimisessa sekä toteuttamisessa. Myös avoimet pilvipalvelut nähdään mahdollisuutena meriteollisuuden ja Itämeren merenkulun laajojen tietovarantojen käytön tehostamiseksi ja hyödyntämiseksi. Automaation rinnalla kehitetään meriliikenteen digitaalista infrastruktuuria (tietoverkot ja -mallit) ja liikenneinformaation läpinäkyvyyttä eli esimerkiksi informaatiota aluksen sijainnista, alustiedoista, omistajuudesta, lipusta ja luokituksista.

Teknologiat laivan täysautomaatiolle ja etäohjaukselle on jo pitkälti olemassa. Suomessa on useissa yrityksissä vahvaa tuotekehitystä miehittämättömiin aluksiin. Kehitteillä on miehittämättömiä rahtialuksia ja uusia laivakonsepteja. Ensimmäisten miehittämättömien alusten arvioidaan olevan testikäytössä jo lähivuosina. Ensivaiheessa miehistö on todennäköisesti mukana etäohjattavilla aluksilla. Konseptia kehittävän kansainvälisen yhtiön arvion mukaan aidosti etäohjattuja laivoja voidaan liikennöidä meriliikenteessä jo kuluvan vuosikymmenen lopussa. Kuten rautatieliikenteessä, on myös laivaliikenteeseen kehitetty ja käytössä moderneja älykkäitä turvalaitteita: turvalaitteet ilmoittavat esimerkiksi mahdolliset toimintahäiriöt ja sijaintinsa automaattisesti²⁶

²⁵ LVM 2015

²⁶ Rolls Royce plc 2016

Uusien etäohjattujen laivojen rakenteissa on saavutettavissa merkittäviä säästöjä, kun miehistötiloja ei tarvita. Teknologian lisääntyminen ei välttämässä nostakaan alusten hankintahintoja. Toisaalta etäohjaukseen tarvitaan erilliset ohjauskeskukset, joista laivojen kulkua voidaan valvoa sekä tarpeiden mukaan ohjata. Näiden etäohjauskeskusten investointi- ja käyttökustannus jakautuu useille aluksille.

Arvioituja hyötyjä

- Lisääntyvä operoinnin joustavuus
- Parempi turvallisuus, kustannustehokkuus (laskevat logistiikkakustannukset) ja ympäristöystävällisyys
- Nykyisin henkilöstökulut 30 % päivittäisistä operatiivisista kuluista – automaation myötä voivat pienentyä murto-osaan
- Polttoainekulut pienenevät 10–15 %: moottorien käyttö optimoidaan, uusissa konsepteissa ei kulu energiaa lämmitykseen tai vesi- ja viemärijärjestelmien ylläpitoon
- Miehistötilojen mahdollinen poistaminen lisääisi myös lastitiloja 15 %
- Voi lisätä koulutetun ja osaavan henkilöstön työmahdollisuuksia

Haasteet

- Teknologia vaatii vielä kehittämistä
- Automaattinen laiva mahdollistaa tehokkaamman ja kilpailukykyisemmän aluksen ohjaamisen ja operoinnin, mutta nykyiset säädökset ja kansainväliset sopimukset estävät miehittämättömien alusten operoinnin
- Meriturvallisuusasiat: liikennöinnin pelisäännöt sopimatta
- Ammattijärjestöjen suhteutuminen automaation käyttöönottoon



Kuva 13. Visio miehittämättömistä ja etäohjatuista rahtilaivoista (kuva: Rolls Royce plc 2016).

3.1.4 Uudet kuljetusmuodot

Perinteisten kuljetusmuotojen lisäksi kehitetään uuden teknologian ja automaation käyttöön perustuvia uudentyyppisiä perustuvia kuljetusmuotoja. Esimerkkejä uuden tyyppisistä kuljetuskonsepteista ovat kehitysvaiheessa olevat automaattisesti toimivat putkikuljetusjärjestelmät ja automaattisesti toimivien miehittämättömien ilma-alusten käyttöön perustuvat kuljetusjärjestelmät.

Case Hyperloop²⁷

Automaattista ja erittäin nopeaa sekä henkilö- että rahtiliikenteelle soveltuvaa putki-kuljetusjärjestelmää kehitetään tällä hetkellä kolmen yhtiön toimesta teknologiamiljardöörin Elon Muskin Hyperloop-konseptin pohjalta. Hyperloop-konsepti perustuu ideaan tyhjiökapseleista tai junista, jotka liikkuisivat lähes ilman vastusvoimia tyhjiöksi pumpatuissa putkissa. Putkessa kulkeva kapseli nousee ilmapatjan päälle ja voi laskelmien mukaan edetä putkessa jopa 1 200 kilometrin tuntivauhtia. Konseptin idea ei ole täysin uusi, mutta toistaiseksi tyhjiötä hyödyntävien kapseleiden tai junien käyttöä ei ole käytännössä toteutettu. Nevadaan Yhdysvaltoihin on rakenteilla testirata, jossa kehitetään ja testataan teknologiaa. Kaupalliseen käyttöön eli matkustajien kuljettamiseen teknologiaa kehittävä Hyperloop One -yhtiö tähtää 2020-luvun alussa. Hyperloop-yhteyttä on kaavailtu Suomessa mm. Helsingin ja Tukholman välillä. Hyperloopin haasteena on teknologian keskeneräisyys ja toteutuksen kustannukset (alustava arvio noin 25 miljoonaa/kilometri). Merkittävimpiä vahvuuksia ovat yhteyden suuri nopeus, automaattisuus ja korkea kapasiteetti.

Miehittämättömien ilma-alusten käyttöä suunnitellaan etenkin jakelukuljetuksiin (käsitelty luvussa 3.2.)



Kuva 14. Hyperloop-konseptin toteutus mahdollistaisi rahdin erittäin nopean ja automaattisen kuljetuksen kapseleissa tyhjiöputken sisällä (kuva: Hyperloop One 2016).

3.2 Jakelukuljetukset (last mile)

Ajoneuvot ja suunnittelutyökalut

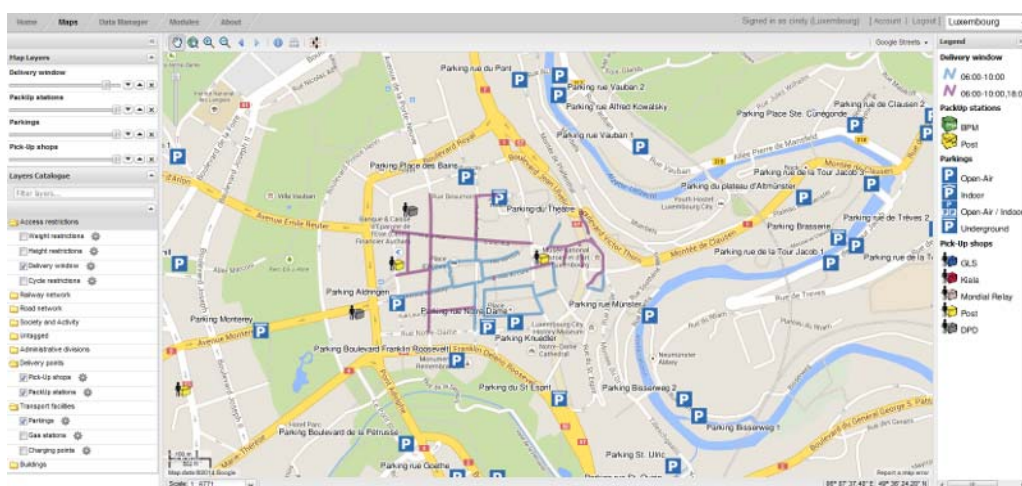
Ajoneuvoissa suositaan energiatehokkuutta ja vähäpäästöisyyttä. Kaupunkijakelussa ovat yleistyneet kevyet sähkökäyttöiset tai -avusteiset ajoneuvot sekä polkupyörälähetien käyttö. Lisäksi jakeluun on kehitetty esimerkiksi konttipohjaisesti toimivia lastinkäsittelyjärjestelmiä. Kuljetuksiin haetaan lisää tehokkuutta joukkoistetuilla kuljetuksilla (lukuisia mobiilipohjaisesti toimivia yrityksiä) ja tehokkaammalla reitin suunnittelulla. Useissa uusissa mobiilien käyttöliittymien kautta toimivimmilla yrityksillä myös jakelureitin suunnittelu ja optimointi tehdään saman sovelluksen kautta.

²⁷ Hyperloop One 2016

Kuljetusten ja kaupunkijakelun suunnitteluun on kehitetty runsaasti erilaisia optimointityökaluja (reittien optimointi) ja ohjelmistoja. Lisäksi on kehitetty erilaisia digitaalisia palveluja ja paikkatietoa hyödyntäviä alustoja kaupunkilogistiikan havainnollistamisen sekä kehittämisen apuvälineeksi. Esimerkiksi “Smart City Logistics” alusta (kuva 15) on kehitetty kaupunkisuunnittelun ja päätöksenteon apuvälineeksi havainnollistamaan rajoitteita ja haasteita.



Kuva 15. Kaupunkijakeluun kehitetään uudenlaisia poljettavia ja sähkökäyttöisiä ajoneuvoja (kuvien lähteet: vas.puol. kuva UPS 2016 ja oik. puol. kuva Velove Bikes Ab 2016).



Kuva 16. Esimerkki GIS-pohjaisesta eli paikkatietopohjaisesta alustasta, joka on kehitetty helpottamaan kaupunkilogistiikan suunnittelua (lähde: LaMiLo project 2014).

Droonit eli miehittämättömät ilma-alukset

Drooni on miehittämätön ilma-alus, jota voidaan käyttää monenlaisiin tarkoituksiin. Droonit kehitettiin aluksi puolustus- ja aseeteollisuuden käyttöön, mutta ne ovat nyt siirtyneet myös kaupalliseen ja yksityiseen käyttöön. Viimevuosina drooneja on käytetty logistiikassa erilaisten tavaralähetysten kuljettamiseen: erityisesti suorittamaan last mile -kuljetuksia eli toimituksia jakeluterminaalista asiakkaille. Jakelukuljetuksia suorittavat droonit lentävät huomattavasti muuta lentoliikennettä alhaisemmassa ilmatilassa. Jo useat eri yritykset, kuten DHL, UPS, Amazon ja Zookal ovat testanneet

ja myös ottaneet käyttöön kuljetuslennokkeja.²⁸ Suomessa droonien käyttöä on ko-
keillut ainakin Posti.

Case Amazon²⁹

Amazon.com on yksi tunnetuimmista lennokkiyrityksistä. Amazon Prime Air lentää alle 400 jalan (121 metrin) korkeudessa, painaa alle 55 paunaa (25 kilogrammaa) ja kuljettaa paketit suoraan asiakkaan kotiin puolessa tunnissa. Lentomatka voi olla pi-
tuudeltaan noin 10 mailia (16 kilometriä). Amazon.com kertoo ottavansa lennokit kul-
jetuskäyttöön heti, kun lainsäädännölliset luvat myönnetään.



Kuva 17. Amazonin Prime Air drooni (kuva: Amazon.com 2016).

On arvioitu, että Yhdysvaltojen ilmatilassa tulee olemaan noin 7500 lennokkia seu-
raavan viiden vuoden sisällä. Niitä tullaan käyttämään kuljetustoiminnan lisäksi
muun muassa tutkimuskäytössä, maanviljelyn apuna ja maan pinnan ja kasvillisuu-
den tarkkailussa. Ilmailulainsäädäntö rajoittaa toistaiseksi kaupallisten lennokkien
käyttöä ja niiden käytön turvallisuutta pyritään parantamaan koko ajan.³⁰

Arvioituja hyötyjä

- Sähkömoottoreilla varustetut lennokit ovat päästövapaita ja siten ympäristö-
ystävällisempi vaihtoehto monille muille kuljetusmuodoille
- Droonit navigoivat ja kommunikoivat itsenäisesti lentoympäristössään eivätkä ne
tarvitse erillistä ohjaajaa (henkilöresursseja)
- Mahdollistavat nopeat toimitukset myös hankalasti saavutettavissa oleviin koh-
teisiin
- Eivät ruuhkauta muuta liikenneverkkoa

²⁸ Murray 2015

²⁹ Amazon.com 2016

³⁰ Murray 2015; Amazon.com 2016

Haasteita³¹

- Toimintaa rajoittavat säädökset ja turvallisuuden varmistaminen
- Hyötykuorma on suhteellisen alhainen
- Lennokeissa käytettävää navigointi-, yhteydenpito-, sensori- sekä virrankäyttö- teknologiaa on tarve kehittää tehokkaan ja turvallisen toiminnan takaamiseksi
- Lennokien kuvaaman materiaalin käyttöoikeus ja sisältö voi rikkoa ihmisten yksityisyyden suojaa
- Lennokit ovat suhteellisen herkkiä sääolosuhteille
- Lennokit lentävät huomattavasti matalammassa ilmatilassa verrattuna esimerkiksi lentokoneisiin ja aiheuttavat siten enemmän melu- ja näköhaittaa.

Kuljetusrobotit

Kuljetusrobotit ovat last mile -toimitusten itseohjautuvia apuvälineitä. Kuljetusrobotit kulkevat maata pitkin ja niiden käyttö on siten vähemmän säädeltyä kuin esimerkiksi lennokkien. Kaikki hyödyt, jotka liittyvät kuljetuslennokkeihin, liittyvät läheisesti myös maan pinnalla kulkeviin robotteihin. Niiden käyttö on päästötöntä ja ne ovat potentiaalinen korvaava vaihtoehto kuorma-autoille. Robotit ovat myös automaatiohjautuvia ja niissä on sisäänrakennetut navigointi- ja sensorijärjestelmät. Ne voivat kulkea pyörätietä ja jalkakäytävää pitkin tai isojen kiinteistöjen ja laitosten sisällä, kuten kampus- tai sairaala-alueilla.³²

Case Starship Technologies³³

Starship Technologies lanseerasi vuonna 2015 kävely- ja pyöriteitä kulkureittinään hyödyntävän itseohjautuvan kuljetusrobotin, jonka pilottikäyttö on aloitettu vuonna 2016 Lontoossa. Tavoite on tuoda Suomessa suunniteltu robotti tuotantokäyttöön 2017. Robotti voi kuljettaa pieniä paketteja tai ostoskassoja noin viiden kilometrin säteellä ja alentaa kuljetuskustannuksia 5–10-kertaisesti. Lastattuna robotin paino on alle 20 kilogrammaa. Paketit kuljetetaan perille varastokeskuksista ja asiakkaat voivat tilata kuljetukset ja seurata niiden etenemistä mobiilisovelluksen avulla. Kuljetusrobotti säättää nopeutensa muun kevyen liikenteen mukaan ja navigoi muun liikenteen seassa turvallisesti. Starship Technologiesin robotti on akkukäyttöinen ja siten täysin päästövapaa.

Arvioituja hyötyjä

- Operoinnin joustavuus
- Huomattava kustannustehokkuus ja alenevat kuljetuskustannukset
- Turvallisuus ja ympäristöystävällisyys
- Kaupunkikeskustoissa mahdollisuus viihtyisyyden kasvuun, jos isot jakeluautot vähenevät

³¹ Bolos 2015

³² TechCrunch 2016

³³ Starship Technologies 2016

Haasteet

- Teknologia vielä kehitysvaiheessa – vaatii myös todennäköisesti uudenlaisen jakelujärjestelmän kehittämistä
- Ei sovellu (ainakaan alkuvaiheessa) kooltaan tai massaltaan suuren toimitusten kuljettamiseen
- Lähetysten turvallisuuden varmistaminen



Kuva 18. *Starship Technologiesin kehittämä kuljetusrobotti liikkuu mm. kevyenliikenteenväyliä pitkin itseohjautuvasti (kuva: Starship Technologies 2016).*

Lähetysten vastaanottoratkaisut

Verkkokaupan kasvun myötä pakettiliikenteen volyymit ovat kasvaneet ja edelleen kasvamassa merkittävästi lähivuosina. Lähetysten vastaanottajan ja/tai tilojen saavutettavuus on kaupunkilogistiikan sekä samalla last mile -kuljetusten keskeinen haaste. Ratkaisuksi on kehitetty ja otettu käyttöön erilaisia automaattisesti toimivia automaatteja ja/tai vastaanottotiloja, jotka mahdollistavat joustavan palvelun. Tavoitteena on helpottaa tavaratoimituksia verkkokauppioiden, jakeluyritysten ja asiakkaiden näkökulmasta.

Erityisesti kuluttajien näkökulmasta viimeiset kilometrit ovat kuljetuksen ongelmallisimmat: tilatessaan tuotetta verkkokaupasta kuluttaja ei voi varmuudella tietää tuodaanko tilattu tuote kotiovelle vai päätyykö se lähimpään postiin tai muuhun vastaanottopisteeseen.

Esimerkkejä toteutetuista palveluista:

- DHL:n ratkaisu Saksassa ”The Post24/7”: pakettien lähetys, postitus, pakettien nouto, postimaksut, pakettien nosto ja rahan nosto (kuva 18).
- CoReorient Oy:n älykontti on palvelupiste, joka toimii tuotteiden nouto- ja toimituspisteenä. Älykontin ideana on toimia keskitettynä 24H-palvelupisteenä, johon liikkeet voivat toimittaa asiakkaidensa ostokset odottamaan niiden noutoa. Palvelua on pilotoitu Lahdessa ja Helsingissä (kuva 19).

- Volvon lanseeraaman ja pilottivaiheessa olevassa Roam Delivery -palvelussa toimitukset voi tilata oman autonsa takakonttiin. Asiakas voi ilmoittaa ostoksensa yhteydessä toimitusosoitteeksi oman autonsa. Kauppias antaa jakeluyritykselle tai lähettile koodin, jonka avulla näkee gps-sovelluksesta asiakkaan auton sijainnin. Koodi toimii samalla kertakäyttöavaimena, jonka avulla auton takakontin saa auki ja takaisin lukkoon. Volvo lupaa Ruotsissa yhteistyössä urb-it nimisen start-up yrityksen kanssa toimittaa lähetyksen ajoneuvoon kahden tunnit sisällä tilauksesta. (kuva 20) ³⁴



Kuva 19. DHL:n paketti- ja postiautomaatti Saksassa (kuva: DHL 2016).



Kuva 20. CoReorient Oy:n älykontti ja palvelupiste Helsingin Kalasatamassa (kuva: CoReorient Oy 2016).

³⁴ Volvo 2016



Kuva 21. *Volvon ja urb-it:n lanseeraama palvelu lupaa toimitukset ajoneuvoon kahden tunnin sisällä tilauksesta (kuva: Volvo 2016).*

Arvioituja hyötyjä

- Uuden ratkaisut lisäävät joustavuutta koko toimitusketjussa (lähettejä, operaattorit ja vastaanottaja)
- Mahdollistavat uudenlaiset palvelumallit ja paremman palvelutason
- Kustannustahokkuuden paraneminen tilojen hyvän saavutettavuuden vuoksi

Haasteet

- Tilojen/ratkaisuiden yhteiskäyttöisyys
- Lähetyksen turvallisuus ja vastuukysymykset
- Mahdolliset investointikustannukset ja kustannusten jakaminen yhteiskäyttöisissä vastaanottotiloissa

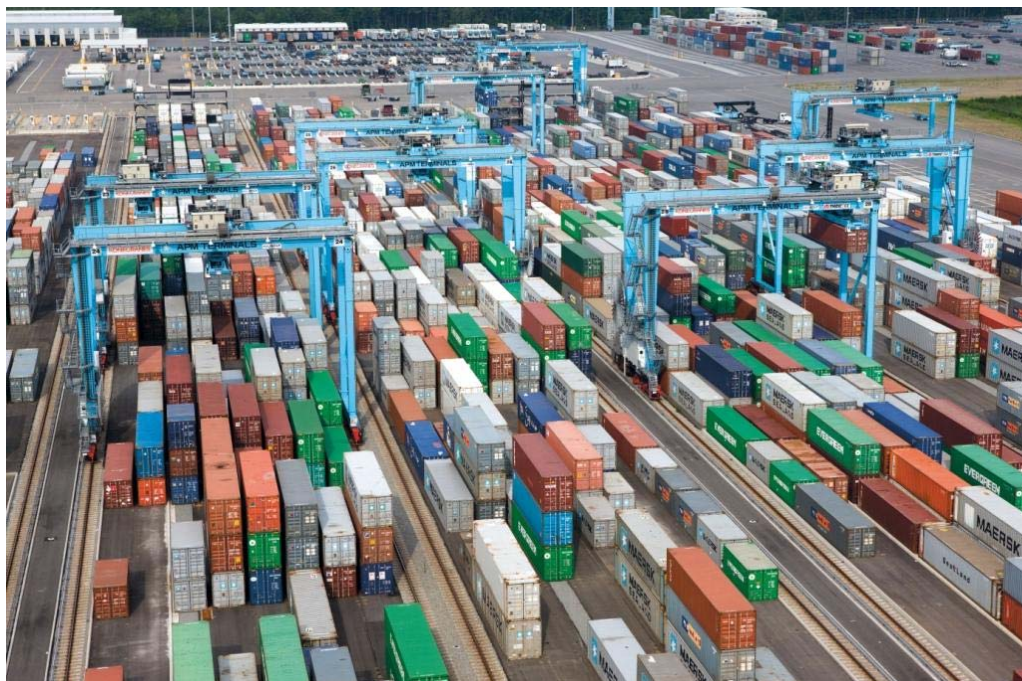
3.3 Logistiikan solmukohdat

Automaatio ja kehittynyt toiminnan ohjaus ovat kuuluneet jo pitkään olennaisena osana logistiikan solmukohtien toimintaan. Satamissa ja varastoissa käytetään autonomisia kuljetuslaitteita, siirtolaitteita ja työkoneita. Terminaaleissa kuorman konttien purkamiseen ja lastaamiseen käytetään autonomisia lukkeja ja robottivaunuja. Lisäksi esimerkiksi kuormalavojen ja häkkien käsittelyssä voidaan käyttää erilaisia kuljetusrobotteja.³⁵ Kasvava verkkokauppa on lisännyt pakettiautomaation tarpeita.

Esimerkkejä automaatiosta logistiikan solmukohdissa ovat:

- Satama-automaatio eli esimerkiksi puoliautomaattiset ja automaattiset kontinkäsittelylaitteet sekä muut lastinkäsittelylaitteet.
- Automaatio varastojen ja terminaalien sisällä eli automaattivarastot (esim. korkeavarastot, automaattiset hyllyjärjestelmät, automaattiset lavarastot), vihiväunut ja muut automaattiset lastinkäsittelylaitteet sekä tavarankäsittelyyn ja pakkaamiseen kehitetty automaatio.
- Jätelogistiikka eli jätejakeiden automaattinen lajittelu ja käsittely.

Automaation rooli on edelleen kasvamassa logistiikan solmukohdissa. Käyttöön otettavalla automaatiolla ja toimintaa ohjaavilla digitaalisilla järjestelmillä tavoitellaan tehokkuutta tilojen käytössä ja solmukohtien operoinnissa sekä samalla pyritään minimoimaan työvoimakuluja.



Kuva 22. Automaattinen konttisatama (Lähde: Konecranes 2016).

³⁵ LVM 2016

Suomessa logistiikan solmukohtien automatisointiin ja digitalisointiin liittyen runsaasti osaamista, tuotekehitystä ja liiketoimintaa ainakin seuraavilla osa-alueilla:³⁶

- varastoissa ja logistiikkakeskuksissa käytettävien AGV-vihivaunujärjestelmien suunnittelussa ja valmistuksessa sekä
- satamien automaattisessa kontinkäsittelyssä ja siihen liittyvässä raskaassa kenttärobotiikassa.

Automaation ja robotiikan liikevaihdon volyymi suomalaisilla yrityksillä, joista merkittävimpiä ovat Konecranes, Cargotec, Kone ja Rocla, on arvioitu olevan vuosittain noin 100–200 miljoonaa euroa.

Automaattivarastot, terminaalit ja satamat vaativat suuria tavaravolyymeja. Automaation korkeat investointikustannukset suhteessa saataviin kustannushyötyihin ovat rajoittaneet automaation käyttöönottoa. Pienehköjen ja hajanaisten tavaravirtojen Suomessa ei ole nykyisin esimerkiksi yhtään automaattisatamaa. Useiden arvioiden mukaan teknologioiden kehitys ja kustannusten lasku mahdollistavat tulevaisuudessa automaation käyttöönottoa myös entistä pienemmille volyymeille.

Arvioituja hyötyjä³⁷

- Automaatio-osaamisen hyödyntäminen ja käyttöönotto voi laskea jatkossa yksikkökustannuksia
- Automaattisten järjestelmien ja koneiden hallittavuus sekä näiden tuottama tieto mahdollistavat toiminnan tuottavuuden sekä toimintavarmuuden kasvattamisen
- Logistiikkahenkilöstön vaihtuvuus ja alhainen koulutustaso luovat lisätarvetta automaatiotason nostamiseen

Haasteita

- Tarve rajapintojen standardointiin: turvallisuusstandardien puute esteenä ihmisten ja koneiden rinnakkaiselle toiminnalle
- Suomessa pienet kuljetusvolyymit ja toimintojen hajanaisuus hidastavat automaation käyttöönottoa

3.4 Uudet digitaaliset palvelut

3.4.1 Logistiikan ohjaus

Digitalisaatio on keskeisessä osassa kaupan, teollisuuden ja logistiikkayhtiöiden tuotannon sekä oman hallinnollisen prosessin tehostamista. Teollisuus ja kauppa ovat jo pitkään käyttäneet erilaisia logistiikan ohjaukseen ja optimointiin suunniteltuja ohjelmistoja, jotka ovat usein osa toiminnanohjausjärjestelmää (ERP).

Viime vuosina logistiikan ohjaukseen on kehitetty digitalisaation etenemisen myötä uudenlaisia työkaluja ja toimintamalleja. Tavaraliikenteen seuraaminen reaaliaikaisesti ja toimitusten optimointi mahdollistavat mahdollisimman kestävä ja tehokkaan kuljetusresurssien käytön. Kuljetusten seuraaminen parantaa myös

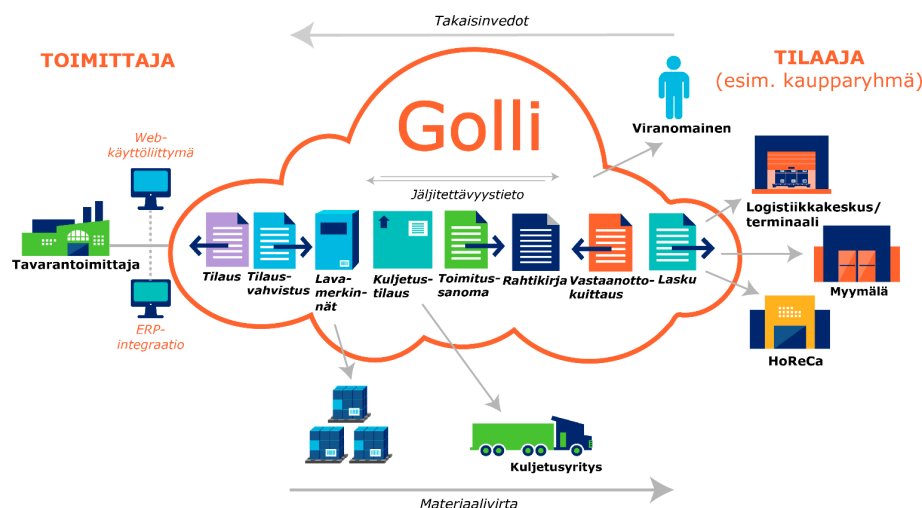
³⁶ LVM 2016

³⁷ LVM 2016

toimitusten turvallisuutta. Mobiiliapplikaatiot mahdollistavat nopean tiedonkulun lähettäjän, toimittajan ja vastaanottajan välillä, jolloin koko kuljetusprosessi tehostuu.³⁸

Logistiikkayrityksissä sähköinen toiminnanohjaus on tulossa aikaisempaa vahvemmin osaksi liiketoimintaa ja on usein jo välttämätöntä liiketoiminnalle. Sähköisten tilaustietojen saatavuus on usein edellytys lisäarvopalveluille. Yritykset käyttävät erilaisia ohjelmistoja ja sovelluksia esimerkiksi reaaliaikaiseen jakelureittien optimointiin, lähetysten ja kaluston reaaliaikainen seurantaan sekä toiminnan optimointiin. Markkinoille on tullut viime vuosina runsaasti uudenlaisia sovelluksia esimerkiksi seuraaville osa-alueille: tilaukset, toiminnan ohjaus ja optimointi, kuljetusten yhdistely, kaluston ja toimitusten reaaliaikainen seuranta, ajoneuvojen jakaminen ja kimppeykkyt.

Uusilla palveluilla pyritään parantamaan tiedonsiirtoa koko toimitusketjussa. Perinteisesti eri yrityksillä on omat järjestelmänsä, joiden rajapinnat ovat heikosti yhteensopivia. Järjestelmien rajapinnoista onkin muodostunut pullonkauloja informaation siirrolle. Toisaalta pienillä yrityksillä ei ole välttämättä käytössään lainkaan IT-järjestelmiä logistiikan ja toiminnan ohjaukseen. Toimitusketjun digitalisoimiseksi on kehitetty uusia palveluratkaisuja, joita on mahdollista käyttää myös webpohjaisesti. Yksi uusi palvelu on GS1 Finland Oy:n kehittämä Golli palvelu, joka on suunnattu erityisesti pk-yrityksille (kuva 22).³⁹ Palvelu yhdistää toisiinsa toimittajat, tilaajat ja kuljetusyritykset. Digitalisaatio tehostaa toimitusketjua tiedonsiirron yksinkertaistuessa ja läpinäkyvyyden lisääntyessä. Samalla se avaa järjestelmät pienten yritysten käyttöön ja tuo yrityksille myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia.



Kuva 23. Kuvaus toimitusketjun tiedonhallintaan kehitetystä Golli-palvelusta (lähde GS1 Finland 2016).

Yritykset etenevät järjestelmien kehittämisessä ja käyttöönotossa liiketoiminnan edellytysten ja omien asiakkaidensa vaatimusten pohjalta. Haasteena ovat edelleenkin erilaisten uusien ja vanhojen IT-järjestelmien rajapinnat (yhteensopivuus) sekä toimitusketjussa yritysten väliset rajat, erilaiset järjestelmät ja toisaalta uusien applikaatioiden suuri määrä.

³⁸ Hajdul, 2015

³⁹ GS1 Finland, 2016

3.4.2 Digitaaliset tilaus- ja markkinakanavat

Digitalisaatio siirtää kaupankäyntiä nopeasti perinteisistä kivijalkamyymälöistä verkoon erilaisille verkkokauppa-alustoille. Uusia verkkokauppakonsepteja ja sovelluksia kehitetään uusille toimialoille. Suomessa verkkokaupan kasvu on ollut jonkin verran muuta läntistä Eurooppaa hitaampaa.

Tunnetuin verkkokaupan muoto on myyjältä kuluttajalle suunnattu verkon kuluttaja-kauppa eli B2C. Yritysten välinen verkkokauppa eli B2B-verkkokauppa on Suomessa edennyt hitaasti, mutta jatkossa entistä suurempi osa yritysten välisestä kaupankäynnistä tapahtuu verkossa. Perinteisten myyntiedustajien sijaan uudet ja innovatiiviset yritykset perustavat verkkokauppoja myös B2B-myyntiä varten. Tyypillisesti nämä ovat ns. suljettuja verkkokauppoja, jolloin ainoastaan rekisteröityneet yrityskäyttäjät pääsevät näkemään verkkokaupan tarjonnan ja hinnat. Yritysten välisen verkkokaupan osalta kuljetusten ennustettavuus ja säännönmukaisuus nousee entistään tärkeämpään rooliin. 24/7 käytössä oleva verkkokauppa mahdollistaa optimoinnin entistä tarkemmin ja näin ollen vapauttaa pääomia muualle.

Myös kuluttajalta kuluttajalle suunnattu kaupankäynti verkossa eli niin sanottu C2C-kauppa on kasvanut viimevuosina nopeasti. Kuluttajalta kuluttajalle myydään tyypillisesti erilaisista käytettyjä tavaroita. Suosittuja kanavia ovat Suomessa olleet jo vuosia esimerkiksi Huuto.net ja Tori.fi -palvelut. Vuoden 2015 aikana lanseeratussa vähänkäytetty.fi palvelussa logistiikkapalvelut on liitetty kiinteästi osaksi markkinakanavaa.

Kokonaisuutena uudet digitaaliset markkina- ja myyntikanavat helpottavat sekä yritysten keskinäistä kaupankäyntiä että kuluttajien keskinäistä kaupankäyntiä. Helpottunut kaupankäynti näkyy lisääntyneenä kuljetustarpeena erityisesti pienten tavarerien kuljettamisessa. Samalla kuljetusten reaaliaikaisuusvaatimukset kasvavat. Yritysten välisen verkkokaupan ansioista tilaaminen helpottuu ja johtaa usein pienempiin kertatilauksiin.

Case Suppilog⁴⁰

Suppilog on uudentyyppinen ”virtuaalinen tukku”. B2B-myyntiä helpottamaan luotu palvelu tarjoaa pienille tuottajille mahdollisuuden tavoittaa laaja asiakaskunta helposti ja kustannustehokkaasti. Tilaajalle Suppilog tarjoaa mahdollisuuden tilata pieniltäkin tuottajilta sekä säästää tilaus- ja kuljetuskustannuksissa yhdistelemällä mahdollisimman monta tilausta yhteen kuljetukseen. Suppilog itsessään on kaupankäyntialusta – logistiikkakumppanit tarjoavat varastointitilat tuottajien tavaroille sekä kustannustehokkaat tavat yhdistellä tilaajien tilauksia.

Suppilogissa tuottajat toimittavat myytävät tavaransa yrityksen logistiikkakumppanin keskusvarastoon, josta ne sitten jaellaan eteenpäin asiakkaiden tilausten mukaan. Asiakas tilaa yleensä useamman kuin yhden tuottajan tuotteita, jolloin logistiikkakumppani pystyy keräilemään ja toimittamaan yhdelle asiakkaalle lähtevät tuotteet yhdellä kertaa. Näin tilaaja säästää logistiikkakustannuksissa merkittävästi.

⁴⁰ Suppilog 2016

Case Vähänkäytetty.fi⁴¹

Vähänkäytetty.fi on uudentyyppinen verkossa toimiva kirpputori. Palveluntarjoaja tarjoaa kaupankäyntialustan sekä varastointi- ja jakelupalvelun. Internet-palvelussa yksityiset ihmiset voivat listata myymiään tuotteita, jotka he toimittavat palveluntarjoajan keskitettyyn varastoon. Varastosta tuotteita toimitetaan ostajille siten, että yhden ostajan tuotteet yhdistetään yhdeksi kuljetukseksi, vaikka tavarat alun perin ovatkin peräisin useammalta eri myyjältä. Palvelussa yhdistyvät perinteinen kuluttajalta kuluttajalle tapahtuva kirpputorimyynti sekä nykyaikainen verkkokauppa. Palvelu lisää logistiikan tarvetta, sillä siinä myytävät tuotteet tarvitsevat kuljetuksia kahteen kertaan: myyjän kotoa palveluntarjoajan varastoon ja varastosta ostajalle.

3.4.3 Jakamistalous ja resurssien yhteiskäyttöisyys

Jakamistalous (sharing economy, collaborative consumption) on yhdistelmä yhteisöllisiä toimintatapoja sekä nykYTEknologian mahdollistamia moderneja yhteydenpidon muotoja. Verkkoteknologian kehittymisen myötä syntynyt sosiaalisia ja taloudellisia järjestelmiä, jotka mahdollistavat omistusten, resurssien ja taitojen jakamisen ja vaihtamisen sellaisilla tavoilla ja mittakaavoissa, jotka eivät aiemmin olleet mahdollisia.

Etenkin Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa jakamistalous on synnyttänyt merkittävän määrän uutta yritystoimintaa eri toimialoille (kuva 23). Logistiikkapalvelut ovat yksi merkittävä jakamistalouden osa-alue.

Mobiiliapplikaatioita on tällä hetkellä saatavilla muun muassa joukkoistetuille tavarankuljetuspalveluille niin pienille kuin isoille kuljetusmäärille ja yhteiskäyttöajoneuvojen hallintapalveluille. Suomalainen PiggyBaggy on tavaroiden kuljetuksen kimpapakyytipalvelu, jossa yksityiset ihmiset toimivat tavarankuljettajina omien asiointimatkojensa yhteydessä. Lähettäjien kuljetuspyynnöt välittyvät palvelussa kuljettajille. Palvelu voidaan liittää myös verkkokauppoihin. Esimerkiksi taksipalvelua tarjoava Uber on kehittänyt tavarankuljetuksiin erillisen palvelun UberCARGO:n, joka toimii taksipalvelusta tutulla periaatteella, mutta autot ovat pakettiautoja ja kuljetukset ovat tavaralähetyksiä. Kuljetuksen voi tilata ja sitä voi seurata mobiilisovelluksen kautta.⁴²

Pitkämatkan kuljetusten ja suurempien toimituserien hallintaan sekä seurantaan on kehitetty uudenlaisia mobiilikäyttöisiä palveluita. Kumipyöräkuljetusten organisointi tehokkaasti (täydet lastit eri suuntiin) on haastavaa. Tavaranoljettaja voi ilmoittaa toimituksensa käyttämänsä palveluun, josta toimittaja voi ottaa sen kuljettavakseen. Palvelun avulla toimitusta voi seurata ja päivittää reaaliaikaisesti ja laskutus tehdään myös sähköisesti. Tavoitteena on saada tavarantoimituksista mahdollisimman sujuvia ja tehostaa rekkojen käyttöä ja parantaa niiden täyttöastetta. Esimerkiksi TruckTrack on palvelu raskaan liikenteen kuljettajille ja liikennöitsijöille. Palvelu mahdollistaa kaluston, kulujen, huoltotoimenpiteiden ja laskutuksen seurannan ja hallinnan mobiilisti.⁴³

⁴¹ Vähänkäytetty.fi 2016

⁴² CoReorient Oy, 2016; Uber, 2016

⁴³ Cargomatic, 2016; TruckTrack, 2016

Seuraavassa muutamia lisäesimerkkejä jakamistaloutta hyödyntävistä logistiikka-palveluja tarjoavista yrityksistä (toimivat USA:ssa):

- PiggyBee (piggybee.com) on joukkoistettu kuljetuspalvelu. PiggyBee yhdistää ihmisiä, jotka haluavat saada tai lähettää jotain matkustavien ihmisten mukana.
- Friendshipp (friendshipp.com) on joukkoistettuja kuljetuksia edistävä sovellus, joka saa ystäväsi kuljettamaan puolestasi heidän matkustaessaan.
- Shipster (goshipster.com) tarjoaa logistisen palveluverkoston paikallisiin, pitkämatkaisiin ja kansainvälisiin kuljetuksiin. Kun otat kuvan kuljetettavasta kohteesta, Shipsterin rekisteröitynyt edustaja poimii ja huolehtii kaikesta muusta (myös pakkaukset, dokumentointi ja kuljetukset partnereiden kautta).
- Roost (roost.com) tarjoaa alustan, joka mahdollistaa tavarain varastoinnin naapurustossasi löytyvässä varastossa tai voit itse tarjota varastotilaasi vuokralle.

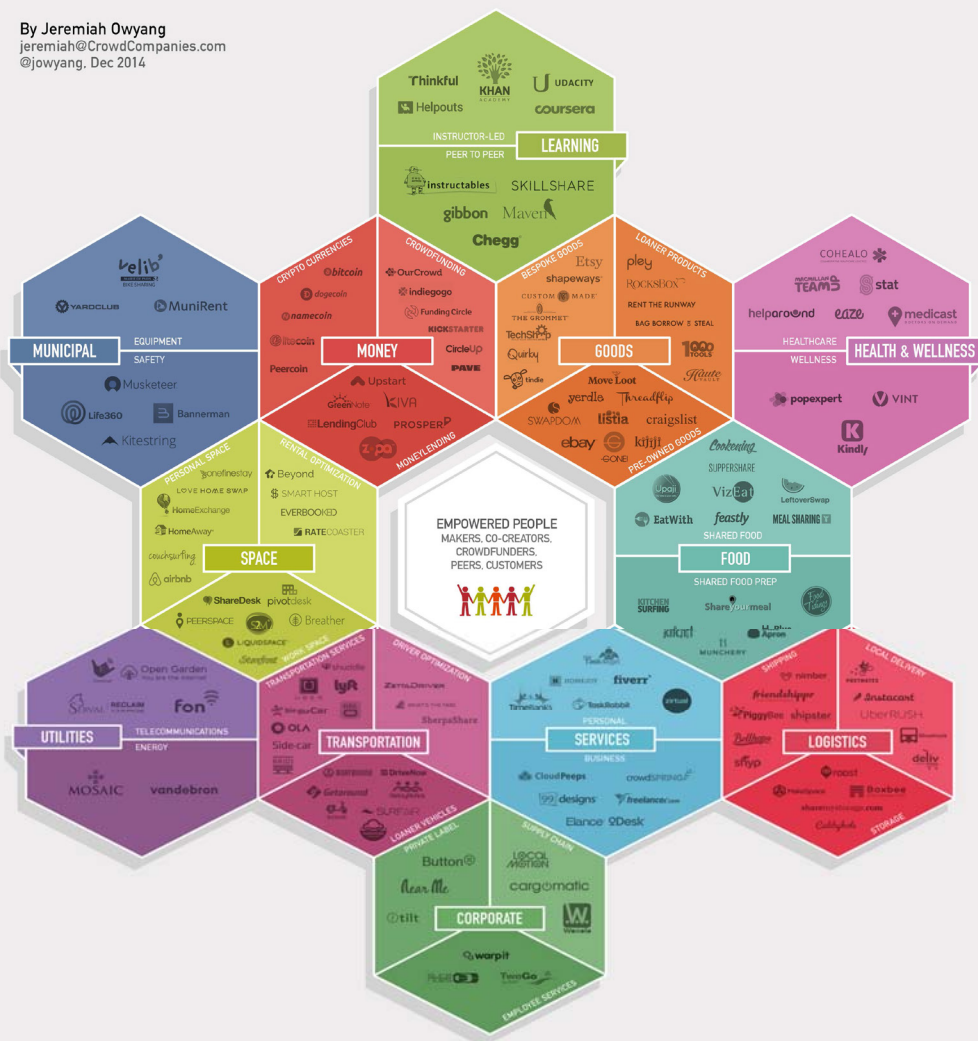
Collaborative Economy Honeycomb Version 2.0

The Collaborative Economy enables people to get what they need from their community. Similarly, in nature, honeycombs are resilient structures that enable many individuals to access, share, and grow resources among a common group.

In the original Honeycomb graphic, six distinct families of startup types were represented by the inner track of hexes. In a very short period of time, this movement has expanded, as reflected in the six additional hexes on the outer perimeter.

This visual representation of the movement is organized into families, classes, and startup examples. To access a complete directory of over 9,000 startups worldwide, advance to the Mesh Directory, managed by Mesh Labs: <http://meshing.it/>

By Jeremiah Owyang
jeremiah@CrowdCompanies.com
@jowyang, Dec 2014



With input from:
Lisa Gansky (@linalgating), Neal Gorenflo (@ngorenflo), Shervin Pishevar (@shervin), Mike Walsh (@mwalsh), Brian Solis (@briansolis), Alexandra Samuel (@awasmuel), Bill Johnston (@billjohnston), Angus Nelson (@angusnelson), Angie Ray (@angieray), Jeff Rodman (@jroddman), John Shelden (@jshelden), Jamie Sandford (@jsandford), Arun Sundararajan (@sundararajan), Jonathan Wichmann (@jonathaniw), and Vision Critical (@visioncritical).
Design by Vladimir Mirkovic www.transitdesign.com. Creative Commons license. Attribution-NonCommercial.

CROWD™
COMPANIES
www.crowdcompanies.com

Kuva 24.

Jakamistalouden toimijat ja palvelut muodostavat yhdessä uuden talouden verkoston – logistiikka ja kuljetuspalvelut yhtenä osana (lähde: crowdcompanies.com 2015).

Ajoneuvojen yhteiskäyttö on kasvattanut runsaasti suosiotaan viime vuosina. Toiminta alkoi polkupyörien yhteiskäytöllä suurkaupungeissa, mutta on laajentunut myös autojen yhteiskäyttöön. Toiminnan uskotaan lisäävän suosiotaan entisestään polttoaineen hinnan kasvun, pysäköinnin rajallisuuden, ympäristöystävällisyyden suosimisen, kehittyvien talouksien nousun ja teknologian kehityksen vuoksi. Toiminnan järjestäminen on kuitenkin haasteellista: muun muassa kaluston hallinta ja sijoittaminen tuottavat ongelmia. Yhteiskäyttöön on kiinnitetty huomiota, ja siitä on tehty tutkimusta eri alojen asiantuntijoiden toimesta.⁴⁴

Zipcar oli vuonna 2015 maailman suurin yhteiskäyttökulkuneuvojen verkosto. Zipcar on myös kehittänyt LocalMotion mobiilisovelluksen ja avainjärjestelmän ratkaisemaan yhteiskäyttötoiminnan ongelmia. LocalMotion:ssa ajoneuvojen käyttäjillä on avaimina toimivat kortit, jotka luetaan autoihin asennetuilla etälukulaitteilla. Etälukulaite sijoitetaan auton tuulilasiin ja sen voi asentaa kulkuneuvoon sen mallista ja merkistä riippumatta. Auton käyttäjä voi mobiilisovelluksen kautta varata käyttöönsä auton, jolloin käyttäjän kortti toimii auton virta-avaimena. Sovelluksen avulla autoja ja niiden liikettä voi myös seurata ja tarpeen tullen rajoittaa. Esimerkiksi huoltotapauksissa autoa ei voi varata ennen kuin se on rekisteröity taas ajokelpoiseksi.⁴⁵

3.5 Digitalisaation vaikutukset logistiikkaan

3.5.1 Tulevaisuuden visiot

Tulevaisuuden visiot logistiikan ja kuljetusjärjestelmän kehittymisestä ovat yhden-suuntaisia: digitalisaatio ja automaatio ovat etenemässä nopeasti kaikilla logistiikan osa-alueilla kuljetusvälineistä kuljetusinformaatioon ja palveluihin. IoT ja toimintaa seuraavat sensorit levittäytyvät koko kuljetusketjuun (kuvat 25–26). Tieto toimituksista liikkuu ja prosessoidaan entistä nopeammin koko toimitusketjussa. Kuljetusvälineet ja lastinkäsittely automatisoituu asteittain lähes kokonaan. Tulevaisuudessa logistiikka operoidaan nykyistä tehokkaammin, luotettavammin ja ajantasaisemmin. Kuljetukset ovat turvallisempia ja vähäpäästöisempiä.

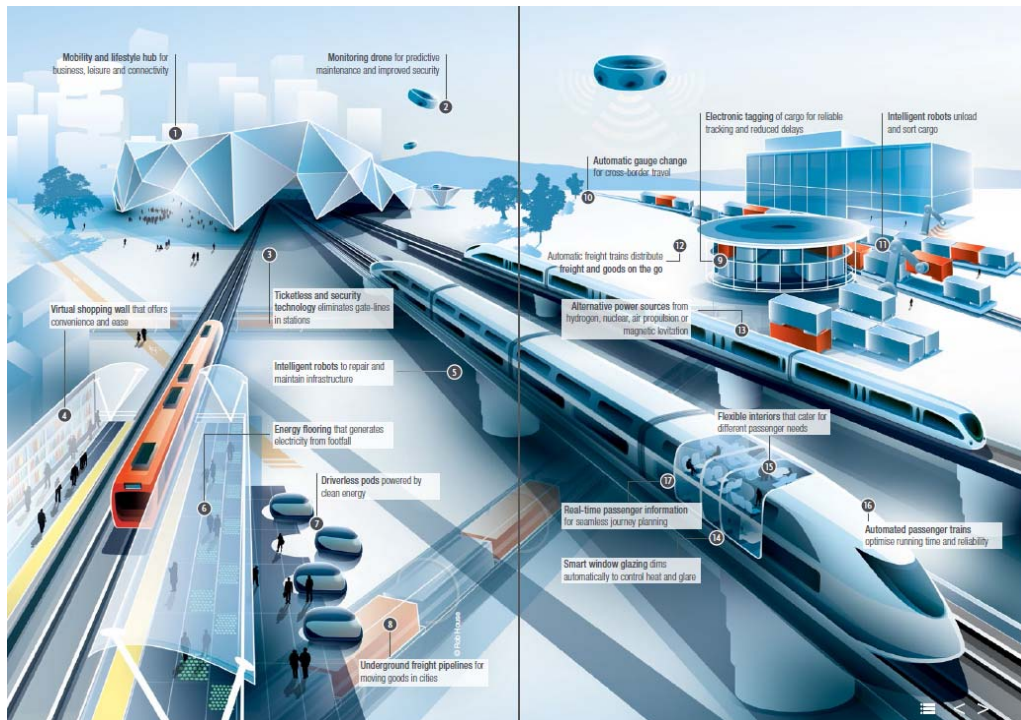
Yleisesti tulevaisuuden visioissa logistiikasta korostuvat automaation ja digitalisaation avaamat mahdollisuudet.

- Parempi ja ajantasaisempi kuljetusinformaatio.
- Paremman seurattavuuden myötä viiveiden väheneminen ja luotettavuuden kasvu.
- Uusien teknologioiden myötä käyttöön tehokkaampi ja ympäristöystävällisempi käyttövoima.
- Automaatio koko ketjussa: mukaan lukien täysin automaattiset kuljetusajoneuvot (esimerkiksi Daimlerin tavoite 2025 mennessä) ja lastinkäsittely (älykkäät robotit).
- Teknologioiden lisäksi tehokkaampi ja multimodaali (kuljetusmuodot yhdistävä) rahtivolyymin yhdistely.
- Uudenlaiset automatisoidut kuljetusjärjestelmät: esimerkiksi putkikuljetus kaupungeissa ja/tai kaupunkien välillä.

⁴⁴ Laporte, 2015;

⁴⁵ Laporte, 2015; Zipcar Inc, 2016

Kokonaisuutena käynnissä oleva kehitys voi merkitä huomattavaa logistiikan kustannustehokkuuden kasvua.



Kuvat 25–26. Kaksi visiota tulevaisuuden kuljetusjärjestelmästä (kuvat: ylempi kuva ARUP 2015 alempi kuva DHL 2014;)

3.5.2 Vaikutukset eri osa-alueilla

Digitalisaation tulevan kehityksen ja syntyvien vaikutusten arviointi on haastavaa. Logistiikan kehitykseen liittyy suuri määrä erilaisia osatekijöitä ja kehitystrendejä, joilla on ristikkäisiä vaikutuksia. Eri teknologioiden yleistymisestä ja käyttöönoton aikataulusta on hyvin erilaisia näkemyksiä.

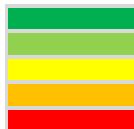
Seuraavassa taulukossa on arvioitu digitalisaation vaikutuksia logistiikkaan erityisesti liikenneviranomaisten näkökulmasta merkittävimpien kehitystrendien osalta pitkällä aikavälillä (vuoteen 2035). Logistiikan näkökulmasta merkittävimiksi ja tarkasteluun valituiksi kehitystrendeiksi otettiin:

- autonomisten kuljetusvälineiden yleistyminen (ml. jakelukuljetusten kuljetusrobotit);
- logistiikan solmukohtien automaation lisääntyminen (myös pienempien solmukohtien automaation yleistyminen);
- uusien digitaalisten palvelujen ja tilauskanavien yleistyminen (sisältäen reaaliaikaisen seurannan koko toimitusketjussa) sekä
- tuotantoteknologioiden ja -automaation kehittyminen sekä käyttöönotto.

Taulukko 1. Automaation ja digitalisaation vaikutukset logistiikassa eri osa-alueilla pitkällä aikavälillä (arvioitu valtion liikenneviranomaisen ja yhteiskunnan näkökulmasta).

	Autonomiset kuljetusvälineet	Automaatio solmukohdissa	Uudet digitaaliset palvelut ja tilauskanavat	Kehittyvät tuotantoteknologiat (automaatio ja 3D tulostus)
Logistiikan joustavuus ja toimintavarmuus	Lisää operoinnin joustavuutta ja skaalautuvuutta. Kuljetusketjun automatisaatio voi vähentää esim. työtaisteluista aiheutuvia häiriöitä		Varaston ja tilausten optimointi helpottuu; verkostomainen liiketoiminta lisää joustoa.	Mahdollistaa tuotannon hajauttamisen lähemmäs asiakasta ja pienten eräkokojen tuottamisen tehokkaasti.
Logistiikka- operoinnin tehokkuus	Lisää tehokkuutta ja vähentää työvoimankustannuksia (erityisesti tieliikenteessä)	Lisää tehokkuutta (myös pienet solmukohdat). ja vähentää työvoimankustannuksia.	Kuljetus- ja palvelutarve lisääntyvät. Uudet työkalut mahdollistavat kuljetusten tehokamman yhdistelyn.	Ei vaikutusta.
Toimitusmäärät ja kuljetukset	Ei todennäköisesti vaikutusta. Mahdollisesti voi vaikuttaa liikenne- muotojen välisiin	Ei todennäköisesti vaikutusta pitkällä aikavälillä, synergiahyötyjen toteutuminen voi johtaa kuljetusvirtojen keskittymiseen suuriin solmukohtiin, mikä lisää kuljetusmatkoja.	Verkkokaupan kasvun myötä tilausten ja lähetysten määrä kasvaa (lisää jakeluliikennettä). Pienkuljetukset ja jakelu-kuljetukset lisääntyvät.	3D tulostuksen mahdollinen yleistymisen vähentää komponenttien ja osien toimitustarpeita. Kuljetustarve vähennee, kun tuotanto on lähempänä markkinaa.
Logistiikan kustannukset	Merkittäviä kustannusvaikutuksia useiden vaikutusmekanismien kautta.	Tehostaa logistiikkaa (nopeus, laatu) ja laskee yksikkökustannuksia.	Tehostaa myös pienten yritysten logistiikkaa ja laskee kustannuksia.	Kuljetustarpeen väheneminen laskee logistiikan kustannusta.
Turvallisuus	Arvioiden mukaan autonomiset ajoneuvot vähentävät merkittävästi liikenneonnettomuuksia.	Lisääntyvä automaatio parantaa työturvallisuutta.	Jakelulogistiikka lisääntyy - toisaalta kuljetusten yhdistely helpottuu ja ajoneuvot turvallisempia.	Ei merkittävää vaikutusta, Mahdollisesti työturvallisuus voi parantua.
Vaikutukset ympäristöön	Vähentää merkittävästi päästöjä ajoneuvojen toiminnan optimoinnin kautta. Lisäksi tulevaisuudessa suositaan vähäpäästöisiä teknologioita.	Tehokkuuden kasvu vähentää energian tarvetta. Lisäksi suositaan vähäpäästöisiä teknologioita sekä tuotetaan ja käytetään uusiutuvaa energiaa.	Jakamistalouteen pohjautuvat liiketoimintamallit vähentävät merkittävästi ympäristökuormitusta. Toisaalta esim. verkkokaupan kasvu voi lisätä kuormitusta.	Positiiviset vaikutukset kuljetustarpeen vähenemisen kautta.
Liikennejärjestelmän toimivuus	Sekaliikenne aiheuttaa haasteita liikennejärjestelmään, mutta siirtyminen automaatioon tehostaa merkittävästi liikennejärjestelmän kapasiteettia.	Ei merkittävää vaikutusta. Mahdollisesti automaation käyttöönotto voi keskittää volyymejä ja raskasta liikennettä.	Lisää palvelutarjontaa (uusia liikennepalveluja), toiminnan joustoja ja seurattavuutta.	Ei vaikutusta liikennejärjestelmään.
Infrastruktuuri	Voi vähentää tarvetta liikenneverkon laajentamiselle. Toisaalta autonomiset ajoneuvot voivat vaatia liikenneverkon uudenlaista kehittämistä (esim. sensorit ja valvontalaitteet)	Ei merkittäviä vaikutuksia. Jos toiminnot keskittyvät automaation käytön seurauksena, mahdollistaa infran kohdennetun kehittämisen.	Ei vaikutusta.	Ei nähtävissä merkittävää vaikutusta. Kuitenkin joillakin teknologioilla (esimerkiksi 3D tulostuksella) voi olla vaikutusta infrastruktuurin kehittämiseen.

Väri kuvaa vaikutuksen suuntaa/merkittävyyttä
Päätös myönteiset / positiiviset vaikutukset
Hieman positiiviset vaikutukset
Neutraali vaikutus / ei nähtävissä merkittävää vaikutusta
Hieman negatiiviset vaikutukset
Negatiiviset vaikutukset



Kokonaisuutena automatisaation ja digitalisaation merkittäviä vaikutuksia ovat toimitusketjun/logistiikkaliiketoiminnan näkökulmista kaluston käyttöasteen nosto ja suorittavan henkilöstön väheneminen; reaaliaikaisen kuljetustiedon saatavuuden paraneminen ja analyysien mahdollisuudet; toiminnallisten virheiden väheneminen sekä toimintojen skaalautuvuuden ja nopeuden paraneminen. Visioitujen kokonaan automatisoitujen kuljetusketjujen kehittäminen ja rakentaminen vähentävät työvoiman tarvetta perinteisissä lastinkäsittely- ja kuljetustehtävissä. Samalla työvoimaa tarvitaan uudenaikaisissa palvelutehtävissä sekä palvelujen suunnittelussa ja seurannassa. Käytännössä muutokset tehostavat toimintaa ja vaikuttavat logistiikkaan kustannuksia alentavasti.

Kaupan digitalisaatio ja jakamistalous ovat jo synnyttäneet uudenlaista liiketoimintaa ja samalla lisänneet paketti- ja jakeluliikennettä. Tulevaisuudessa erilaiset hyödykkeet toimitetaan entistä useammin kuluttajille suoraan kotiosoitteeseen tai kodin lähellä sijaitsevaan toimituspisteeseen. Digitalisaatio muuttaa merkittävästi toimitusketjuja, kun nykyisin edulliseen henkilötyökustannukseen perustuvaa tuotantoa tulee todennäköisesti tulevaisuudessa siirtymään Kaukoidästä lähemmäs loppuasiakkaita ja/tai markkinoita. Tämän kehityksen käynnistymisestä on jo saatu muutamia konkreettisia esimerkkejä teknologiateollisuuden yrityksistä.

Kun kuljetustiedot ovat reaaliaikaisesti tulevaisuudessa kaikkien osapuolten saatavilla, kuljetusten seuranta helpottuu. Jo nykyään kuljetusajoneuvoissa on paikanusominaisuudet ja ajoneuvojen sijainti on kuljetusyhtiön tiedossa. Jatkossa erityisesti IoT:n laajenemisen myötä myös yksittäisillä tavaroilla voi olla seurantamahdollisuus, mutta haasteena tulee olemaan seurantatiedon välittäminen asiakkaille. Kuljetusyrityksillä tarjooavat asiakkailleen nykyisin seurantakoodeihin perustuvia seurantapalveluita, mutta niiden päivitystiheys on yleensä heikko ja ne vaativat asiakkaan aktiivisuutta. Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista rakentaa pilvipalveluja, joiden avulla kaikki kuljetusyritykset voivat parantaa kuljetusten seurantatietojen välittämistä asiakkaille. Logistiikan pilvipalvelu olisi mahdollista integroida esimerkiksi sosiaalisen median palveluihin, jolloin kuljetuksissa tapahtuvat päivitystiedot välittyvät asiakkaille some -applikaatioihin automaattisesti. Kuljetustietojen tarkistaminen ei vaatisi tällöin asiakkaalta aloitteellisuutta.

Digitalisaatio mahdollistaa eri kuljetusvaihtoehtojen ja rahtihinnoittelun reaaliaikaisen saatavuuden sekä vertailtavuuden ja edelleen paranevan asiakaspalvelun. Kuluttajapalveluissa internetissä toimivat hintavertailusivustot ovat jo hyvin yleisiä. Yritysten tai yksityisten käyttämien kuljetuspalvelujen ja rahtihintojen vertailu on kuitenkin edelleen työlästä. Useimmiten kuljetusfirmat antavat hinnastot yrityksille nähtäville vain, jos niiden kanssa tekee kuljetussopimuksen tai pyytää kohdennetun tarjouksen. Tulevaisuudessa sekä yksityiset että yritykset voisivat hyötyä kuljetusten hintavertailu tarjoavista palveluista.

Liikenneviranomaisten näkökulmasta uusien teknologioiden käyttöönotto mahdollistaa kestävämmän ja turvallisemman logistiikan. Kehittyneet ohjausjärjestelmät ja autonomisten ajoneuvojen yleistymisen voivat nostaa merkittävästi nykyisin liikenneinfrastruktuurin kapasiteettia. Samalla viranomaisille on todennäköisesti tulevaisuudessa mahdollista saada reaaliaikaista informaatiota esimerkiksi liikenneolosuhteista tai kunnossapidon tasosta ajoneuvojärjestelmien kautta. Tämä tukee ja mahdollistaa uusien reaaliaikaiseen informaatioon pohjautuvien palvelujen kehittämistä. Kansallisesti uusien palvelujen ja teknologioiden käyttöönotto mahdollistaa kuljetustoiminnan tehostumisen, mikä voi parantaa Suomen logistista asemaa ja kilpailukykyä. Kuljetuskaluston tehokkaampi käyttö (käyttö- ja täyttöasteen nosto) vähentäisi myös infrastruktuurin turhaa kuormitusta.

4 Johtopäätelmät

Digitalisaation ja automaation eteneminen avaavat logistiikan kehittämiseen ja tehostamiseen suuria mahdollisuuksia. Toisaalta on huomattava, että useat esiin nostetut teknologiat ja sovellukset ovat vasta kehitysvaiheessa: teknologioiden ja kaupallisten sovellusten kehittäminen vievät aikaa. Liikennejärjestelmän näkökulmasta erityisesti autonomisten kuljetusvälineiden todennäköinen yleistyminen pitkällä aikavälillä tulee muuttamaan merkittävästi kuljetusjärjestelmää. Myös logistiikan solmukohtissa automaation käyttö yleistyy aikaisempaa pienemmissä terminaaleissa ja varastoissa teknologian kustannustason laskiessa. Kaikki logistiikka ja kuljettaminen ovatkin siis vaiheittain automatisoitumassa, mutta aikatauluissa on vielä avoin – lähitulevaisuudessa konkreettiset muutokset ja vaikutukset jäävät todennäköisesti pieniksi. Pitkän aikavälin muutoksiin ja näistä avautuviin mahdollisuuksiin on kuitenkin tarve varautua etupainotteisesti.

Suomi voi saavuttaa pitkällä aikavälillä huomattavia taloudellisia hyötyjä logistiikassa digitalisaation ja automaation käyttöönoton kautta. Tehokkaammilla ja vähemmän henkilötöitä sitovilla ratkaisulla voidaan vähentää tulevaisuudessa maantieteellistä etäisyyksistä aiheutuvia kustannuksia. Logistiikkaketjun automatisoinnin myötä esimerkiksi kuljetusketjujen toimintavarmuutta heikentävät lakot voivat jäädä historiaan. Lisäksi uusien tuotteiden ja palveluiden kehittäminen voi synnyttää merkittävästi uutta liiketoimintaa logistiikan palveluihin sekä teollisuuteen ja logistiikkatoimialalle teknologiaratkaisuja toimittaviin yrityksiin.

Suomella on mahdollista toimia edelläkävijänä uusien teknologioiden kehittämisessä ja käyttöönotossa. Suomessa on vahvaa osaamista ja tuotekehitystä useilla osa-alueilla: esimerkiksi kuljetusvälineiden robotiikassa, mobiiliapplikaatioissa, ajoneuvojen ohjelmistoissa, solmukohtien automaatioissa ja robotiikassa sekä meriklusterissa (ml. automaatio, moottorit, alusvalmistus). Jos Suomi haluaa toimia edelläkävijänä, on tärkeää varmistaa säädösten mukautuvuus ja joustavuus uusien teknologioiden hyödyntämiseen. Uusien ratkaisuiden ja osaamisen kehittäminen voivat tuoda ict-yrityksille, logistiikkayrityksille ja teollisuudelle kilpailuetuja.

Liikenneviranomaisten näkökulmasta digitalisaatio voi mahdollistaa jo lähitulevaisuudessa reaaliaikaisen ja luotettavan raskaan liikenteen tilannekuvan sekä työkaluja kuljetustarpeiden ennakointiin. Asteittain ajoneuvoissa lisääntyvä automaatio ja sensortechnologian kehittyminen tulevat parantamaan liikenneturvallisuutta. Yhdessä vähäpäästöisempien voimalähteiden kanssa automaatio tulee vähentämään merkittävästi liikenteen päästöjä. Uusien teknologioiden laajamittainen käyttöönotto edellyttää todennäköisesti tarpeita älykkään (ajoneuvojen kanssa kommunikoivan) infrastruktuurin kehittämiseen. Toisaalta tietomäärät kasvavat räjähdysmäisesti. Tulevat tarpeet edellyttävät myös viranomaispuolella teknologia- ja analytiikkaosaamisen kehittämistä. Uusien järjestelmien kehittämisessä tietoturvan huomioiminen ja varautuminen tietoturvamurtoihin ovat keskeisiä näkökulmia.

Työn aikana ja järjestetyssä työpajassa nousi esille mm. seuraavia jatkotutkimus- ja toimenpidetarpeita:

- Digitalisaatio etenee nopeasti. Jatkossa tarvitaan foorumeita keskustelulle ja tiedonvaihdolle: viranomaisten rooli voisi olla osapuolten kokoaminen. Yhteiset foorumit mahdollistavat kehitystyön sekä jo olemassa olevan informaation ja tietopohjan paremman hyödyntämisen.

- Lähitulevaisuudessa tarve kehittää uusia toimintamalleja kuljetuksista ja ras-
kaasta liikenteestä saatavilla olevan reaaliaikaisen tiedon parempaan hyödyntä-
miseen.
- Autonominen rekkaliikenne ja letka-ajo avaavat tulevaisuudessa mahdollisuuksia
merkittäviin kustannussäästöihin. Myös Suomessa olisi tarvetta arvioida letka-
ajon soveltuvuutta, mahdollista roolia kuljetusketjussa ja toteutusmahdollisuuksia
paikallisessa liikenneympäristössä.
- Meriliikenteen automaatiassa on Suomessa runsaasti osaamista ja vahva klusteri
kattaen alussuunnittelun ja valmistuksen, teknologiat ja automaation sekä logis-
tiikan operoinnin. Jo lähitulevaisuudessa tulisi pyrkiä potentiaalien tavoitteelli-
seen hyödyntämiseen ja edistämiseen.
- Tarvetta tunnistettiin rautatieliikenteen automaation mahdollisuuksien laajem-
malle kartoittamiselle mukaan lukien kansainväliset parhaat käytännöt ja saavu-
tetut kustannushyödyt. Automaation ja digitalisaation mahdollisuuksia voisi löy-
tyä esimerkiksi nykyisen ratakapasiteetin ohjauksessa ja tehokkaammassa hyö-
dyntämisessä; kunnossapidon ohjauksessa ja toteutuksessa sekä uudenlaisten
kuljetus- ja operointimallien kehittämisessä (esim. vähäliikenteiset radat ja/tai
teollisuusradat).

Lähteet

Amazon.com Inc. (2016). Saatavilla: www.amazon.com (Viitattu: 14.1.2016)

Bolos, M. (2015). A HIGHWAY IN THE SKY: A LOOK AT LAND USE ISSUES THAT WILL ARISE WITH THE INTEGRATION OF DRONE TECHNOLOGY. University of Illinois, Journal of Law, Technology & Policy, 2015, S.411-461.

BVL International (2013). Trends and Strategies in Logistics and Supply Chain Management: Embracing Global Logistics Complexity to Drive Market Advantage. ISBN (verkkojulkaisu) 978-3-87154-481-1. Hamburg: DVV Media Group GmbH. Saatavilla: http://picsbelgium.be/wp-content/uploads/2013/07/BVL_TrendsandStrategies_SCM_Logistics_2013_pdf.pdf (Viitattu 10.1.2016)

Cargomatic Inc (2016). Saatavilla: www.cargomatic.com (Viitattu 14.1.2016)

Choi, A. J. (2015). Internet of things: Evolution towards a hyper-connected society. Teoksessa: Proceedings - 2014 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC), 10-12 Marraskuu 2014, S. 5-8.

CoReorient Oy (2016). Saatavilla: www.piggybaggy.com (Viitattu 14.1.2016)

Crowdcompanies .com (2015). Saatavilla: crowdcompanies.com (Viitattu 27.12.2015)

Daimler AG (2016). Saatavilla: <https://www.daimler.com/innovation/autonomous-driving/> (Viitattu 24.4.2016)

DHL (2014). Self-driving vehicles in Logistics. Saatavilla: http://www.delivering-tomorrow.de/wp-content/uploads/2015/08/dhl_self_driving_vehicles.pdf

DHL (2011). DHL Packstation erreicht Zwei-Millionen-Kunden-Marke. DHL, Bonn. Saatavilla: http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2011/dhl_packstation_erreicht_zwei-millionen-kunden-marke.html (Viitattu 26.3.2016)

Digitoday (2015). Nokia sai luvat Espooseen ja Ouluun. 22.10.2015 Saatavilla: <http://www.digitoday.fi/data/2015/10/22/nyt-se-alkaa-nokialle-suomen-ensimmainen-5g-taajuuslupa/201513828/66>

Ericsson (2015). Ericsson Mobilitys Report – On the Pulse of the Networked Society. Marraskuu 2015. Saatavilla: <https://www.ericsson.com/res/docs/2015/mobility-report/ericsson-mobility-report-nov-2015.pdf>

Ernst & Young (2015). EY Megatrends Report 2015. Saatavilla: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-megatrends-report-2015/\\$FILE/ey-megatrends-report-2015.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-megatrends-report-2015/$FILE/ey-megatrends-report-2015.pdf)

European Truck Platooning Challenge (2016). Saatavilla: <https://www.eutruckplatooning.com/default.aspx> (Viitattu 24.3.2016)

Fox, Justin (2015). Cars Will Drive Themselves Before Freight Trains Do. Bloomberg View. Toukokuu 2015. Saatavilla: <http://www.bloomberg.com/view/articles/2015-05-28/cars-will-drive-themselves-before-freight-trains-do>

García Márquez, F. P. (2015). Competitiveness based on logistic management: A real case study. *Annals of Operations Research*, 233 (1). S. 157-169.

Gartner (2016). Saatavilla: <http://www.gartner.com/it-glossary/digitalization/> (Viitattu 23.3.2016)

Gerlitz, L. (2015). Design for product and service innovation in industry 4.0 and emerging smart society. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 5(2). S. 181-198.

Guzman, J. (2015). Digitalization on the horizon. *SMT Surface Mount Technology Magazine*, 30(12). S. 62-65

Hajdul, M. (2015). Global logistics tracking and tracing in fleet management. Teoksessa: Nguyen, N. T. *Proceedings of the 7th Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems: Intelligent Information and Database Systems, ACIIDS 2015*. Maaliskuu 23-25, 2015. S.191-199.

Hyperloop One (2016). Saatavilla: <https://hyperloop-one.com/> (Viitattu 30.6.2016)

ITS Finland (2016). ITS sanasto. Älykkään liikenteen verkosto - ITS Finland ry. Saatavilla: <http://www.its-finland.fi/index.php/fi/mita-on-its/its-sanasto.html> (Viitattu 23.3.2016)

Kagermann, H. (2015). Change through digitization—value creation in the age of industry 4.0. Teoksessa: H. Albach et al. (toim.) *Management of Permanent Change*. Springer Fachmedien Wiesbaden. S.23-45.

Kawamoto, Y. (2015). Effectively Collecting Data for the Location-Based Authentication in Internet of Things. *IEEE Systems Journal*, 9(99). S. 1-9.

KPMG, (2014). Future State 2030: The global megatrends shaping governments. Saatavilla: <https://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/future-state-government/Documents/future-state-2030-v3.pdf>

LaMiLo (last mile logistics) project (2014). Saatavilla: <http://www.lamiloproject.eu/smart-city-logistics/> (Viitattu 14.3.2016)

Laporte, G. (2015). Shared mobility systems. *4OR*, 13(4). S.341 -360.

LVM (2015). Robotit maalla, merellä ja ilmassa. Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 7/2015 [verkkodokumentti]. ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-456-2. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. Saatavilla: <http://www.lvm.fi/-/robotit-maalla-merella-ja-ilmassa-liikenteen-alykkaan-automaation-edistamissuunnitelma-859854>

LVM (2016). Robottiikan taustaselvityksiä. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2/2016 [verkkodokumentti]. ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-470-8. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. Saatavilla: <http://www.lvm.fi/-/robottiikan-taustaselvityksia>

Maaailmanpankki (2015). <http://lpi.worldbank.org/> (Viitattu 28.12.2015)

Mercedes-Benz (2016). Saatavilla: www.mercedes-benz.com. (Viitattu 14.1.2016)

Murray, C. C. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation research. Part C, Emerging technologies*, 54, S.86–109.

Narendra, S. G. (2015). Through the looking glass? the 2015 edition: Trends in solid-state circuits from ISSCC IEEE Solid-State Circuits Magazine, 7(1). S. 14–24.

Oliver Wyman (2015). Self-driving Freight in the Fast Lane. *Risk Journal* Vol. 5/2015.

Rio Tinto plc (2016). Saatavilla: <http://www.riotinto.com/ironore/mine-of-the-future-9603.aspx> (Viitattu 24.3.2016)

Rolls Royce plc (2016). AAWA project introduces the project's first commercial ship operators. 12.4.2016. Rolls Royce Press releases. Saatavilla: <http://www.rolls-royce.com/media/press-releases.aspx>

SAE International (2016). International's standard J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Saatavilla: http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf (Viitattu 4.5.2015)

Singh, N. (2009). Global Megatrends and the Web: Convergence of Globalization, Networks and Innovation. *The DATA BASE for Advances in Information Systems*, 40 (4), S. 14-27.

Solita Oy, 2016. Saatavilla: www.solita.fi (Viitattu 9.1.2016)

Starship Technologies (2016). Saatavilla: www.starship.xyz. (Viitattu 14.1.2016)

Suciu, G. et al. (2015). Big Data, Internet of Things and Cloud Convergence – An Architecture for Secure E-Health Applications. *Journal of Medical Systems*, 39(11). No.141. S.1-8.

Sundar, A. & Vj, S. (2015). E-Commerce in India-with its whole bag of tricks. *Innovare Journal of Business Management*, 3 (1). S.1-6.

Suomen Itsenäisyyden Juhlarahasto (2015). <http://www.sitra.fi/> (Viitattu 29.12.2015)

Suppilog (2016). Saatavilla: www.suppilog.fi (Viitattu 4.5.2015)

TechCrunch (2016). Saatavilla: www.techcrunch.com. (Viitattu 24.1.2016)

Techxplore (2015). MX3D is to 3D-print a steel bridge over water in Amsterdam. Nancy Owano. 14.6.2015. Saatavilla <http://techxplore.com/news/2015-06-mx3d-3d-print-steel-bridge-amsterdam.html> (Viitattu 4.5.2016)

TNO WhitePaper (2015). Truck Platooning Driving The Future of Transportation, February 2015. Saatavilla: www.tno.nl.

TruckTranck Inc (2016). Saatavilla: www.trucktrack.co (Viitattu 14.1.2016)

Uber (2016). Saatavilla: www.uber.com (Viitattu 14.1.2016)

UITP (2015). World Metro and Automated metro latest figures. Marraskuu 2015. Saatavilla: <http://www.uitp.org/world-metro-and-automated-metro-latest-figures>. (Viitattu 27.3.2016)

UPS, United Parcel Service of America Inc (2016). Saatavilla: www.ups.com (Viitattu 27.3.2016)

Valtioneuvoston kanslia (2015). Toimintasuunnitelma strategisen hallitusohjelman kärkihankkeiden ja reformien toimeenpanemiseksi. Hallituksen julkaisusarja 13/2015 [verkkodokumentti]. ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-287-195-4. Helsinki

VATT (2014). Kriisien jälkeen – Suomen talouden rakenteellinen kehitys vuosina 2013–2030 . VATT-tutkimuksia 176 [verkkodokumentti]. ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-274-107-3. Helsinki: Valtion taloudellinen tutkimuskeskus. Saatavilla: http://www.vatt.fi/julkaisut/uusimmatJulkaisut/julkaisu/Publication_6093_id/972 (Viitattu 4.5.2015)

Velove Bikes AB (2016). Saatavilla: www.velove.se (Viitattu 4.5.2015)

Viestintävirasto (2015). Mitä 5G on? Viestintäviraston ja LVM:n 5G-seminaari Säätytalolla 22.10.2015 esitysmateriaalit. Jarno Ilme. Saatavilla: https://www.viestintavirasto.fi/attachments/esitykset/5G2015_Vivi_JI.pdf

Volvo (2016). Volvo Cars pioneers two-hour in-car delivery service with Swedish start-up urb-it. Volvo Car Group Press Releases. Huhtikuu 2016. Saatavilla: <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/190579/volvo-cars-pioneers-two-hour-in-car-delivery-service-with-swedish-start-up-urb-it>

Vähänkäytetty.fi (2016). Saatavilla: vahankaytetty.fi (Viitattu 4.5.2015)

Wang, M. Jie, F. & Abareshi, A. (2015). The supply chain uncertainty and risk measurement development. Teoksessa: Pujawan, N. et al. (toim.) Proceedings of the 6th International Conference on Operations and Supply Chain Management (OSCM 2014), 10-12 Joulukuu 2014, S. 1-9.

Wellers, Daniel (2015). Is this the future of the Internet of Things? Word Economic Forum. www.weforum.org. (Viitattu 27.3.2016)

Zipcar Inc (2016). Saatavilla: www.getlocalmotion.com (Viitattu 9.1.2016)

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-307-1
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto